



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO
FACULTAD DE INGENIERÍA AGRÍCOLA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA AGRÍCOLA



**INFLUENCIA DE COBERTORES NATURALES EN EL PROCESO
DE FRAGUADO DEL CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS EN
EL DISTRITO DE SANTA ROSA, EL COLLAO – PUNO**

TESIS

PRESENTADA POR:

Bach. HUGO BUTRON CHOQUE

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AGRÍCOLA

PUNO – PERÚ

2022



DEDICATORIA

A mis padres y a mis hermanos, por el apoyo incondicional y por momentos de brindarme fortaleza y siempre incentivar y motivarme en cada instante de debilidad

En especial a mis queridos hijos y esposa, a quienes os he robado el tiempo, sus sueños, sus momentos de felicidad, gracias por su comprensión a cada uno de ustedes.

HUGO BUTRON CHOQUE



AGRADECIMIENTOS

Al todopoderoso, por permitirme existir en esta oportunidad con vida y salud, para continuar con el quehacer de la vida personal y profesional.

A la Universidad Nacional del Altiplano y los docentes de la Escuela Profesional de la Facultad de Ingeniería Agrícola, por mi formación profesional en el claustro universitario.

Al Dr. Edilberto Huaquisto Ramos, por su dirección, asesoramiento, principalmente por la disposición a contribuir en cada instante del desarrollo de la investigación.

A los jurados calificadores: Presidente Ph.D Lorenzo Gabriel Cieza Coronel, primer miembro M.Sc. Héctor Alfredo Huamán Gutiérrez, segundo miembro M.Sc. Alcides Héctor Calderón Montalico, por sus sugerencias, contribuciones y alcances en la realización de la investigación.

Especialmente al D.Sc. Germán Belizario Quispe, su asesoramiento constante, que permitió culminar satisfactoriamente esta tesis.

HUGO BUTRON CHOQUE



ÍNDICE GENERAL

Pág.

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTOS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE FIGURAS

RESUMEN 13

ABSTRACT..... 14

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA..... 16

1.2 HIPÓTESIS 18

1.2.1 Hipótesis general 18

1.2.2 Hipótesis específicas 18

1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA..... 19

1.4 OBJETIVOS 21

1.4.1 Objetivo general 21

1.4.2 Objetivos específicos..... 21

CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES 22

2.1.1 Antecedentes nacionales..... 22

2.1.2 Antecedentes internacionales 23

2.2 BASE TEÓRICA..... 26



2.2.1 Concreto	26
2.2.2 Materiales y su composición del concreto	26
2.2.2.1 Cementos.....	26
2.2.2.1.1. Cementos Portland.....	27
A. Cemento Portland	27
B. Materias primas del cemento Portland	28
C. Proceso de fabricación.....	28
2.2.2.1.2. Composición química del cemento Portland IP.....	30
2.2.2.2 Propiedades de los compuestos principales	31
A. Silicato tricálcico (C_3S), conocido también como alita.....	31
B. Silicato dicálcico (C_2S), conocido también como belita	31
C. Aluminato tricálcico (C_3A).	32
D. Ferro aluminato tetra cálcico (C_4AF).	32
2.2.2.3 Tipos de cementos.....	32
A. Cementos Portland sin adición.....	32
B. Cementos portland adicionados.....	33
2.2.2.4 Cementos en el Perú.....	34
A. Propiedades del cemento Portland Puzolanico IP	35
B. Descripción del mecanismo de hidratación.....	37
2.2.2.5 Relación de resistencia del concreto por tipos cementos usados	38
2.2.3 Agregados para el concreto	39
2.2.3.1 Importancia	39
2.2.3.2 Definiciones	39
2.2.3.3 Clasificación de los agregados	41
A. Por su naturaleza	41



B. Por su densidad.....	41
C. Por el origen, forma y textura superficial.....	41
D. Por el tamaño del agregado	42
2.2.3.4 Funciones del agregado.....	42
2.2.3.5 Propiedades del agregado.....	43
A. Propiedades físicas	43
B. Propiedades resistentes	45
C. Propiedades térmicas	46
D. Propiedades químicas	47
2.2.3.6 Requisitos de los agregados para el concreto.....	48
A. Requisitos obligatorios	48
B. Requisitos complementarios.....	49
C. Requisitos opcionales	51
2.2.3.7 El agregado global.....	52
A. Ensayos de las propiedades físicas de los agregados	53
B. Ensayos en el agregado fino	53
2.2.3.8 Agregado grueso	59
2.2.4 Agua utilizada.....	65
2.2.4.1 Requisitos de calidad.....	66
2.2.4.2 Efectos de las sustancias disueltas:	67
2.2.4.3 Requisitos del comité 318 del ACI.	67
2.2.4.4 Efectos de las impurezas en el agua.....	68
2.2.4.5 Muestreo.....	69
2.2.4.6 Ensayos	69
2.2.4.7 Normas técnicas peruanas para el agua del concreto	70



2.2.5 Estudio teórico del método de agregado global	71
2.2.5.1 Descripción del método.....	72
2.2.5.2 Límites del módulo de finura	73
2.2.5.3 Concreto con agregado global.....	73
2.2.5.4 Diseño y dosificación.....	74
2.2.6 Coberturas orgánicas	74
2.2.6.1 Chilligua.....	74
2.2.6.2 Estiércol.....	75
2.2.6.3 Totora	76
2.2.6.4 Arbusto.....	76
2.2.6.5 Tierra	77
2.2.7. Retracción del concreto.....	77

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN	80
3.2 ÁMBITO DE ESTUDIO.....	81
3.2.1 Ubicación.....	81
3.2.1.1 Ubicación geográfica	81
3.2.2 Características físicas	82
3.2.2.1 Hidrografía.....	82
3.2.2.2 Clima.....	82
3.3 MATERIALES.....	83
3.3.1 Para la elaboración del concreto.....	83
3.3.2 Equipos y software	84
3.4 METODOLOGÍA	84



3.4.1 Tratamiento de datos 89

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FACTORES QUE INFLUYEN EL FRAGUADO DEL CONCRETO EN

ÉPOCAS DE HELADAS..... 90

4.1.1 Diseño de mezcla del concreto para la investigación..... 90

4.1.1.1 Cálculo de las proporciones de los agregados..... 90

A. Primer método 90

4.1.2 Resistencia a la compresión de diseños preliminares..... 95

4.1.3 Granulometría del agregado global 96

4.1.4 Diseño de mezcla por el método del agregado global..... 99

4.1.5 Valores de diseño de mezcla 102

4.1.6 Diseño final con la cantidad óptima de agua..... 105

4.2 PROTECCIÓN DEL CONCRETO EN TIEMPOS BAJAS

TEMPERATURAS 107

4.2.1 Proceso protección con cobertores naturales de losas y cilindros de concreto
..... 107

4.2.2 Protección de losas y briquetas de concreto con estiércol de corral y arbusto
..... 108

4.2.3 Protección del concreto fresco con chilligua o ichu y totora 109

4.2.4 Recomendaciones de la protección óptima de losas y cilindros 110

4.3 TEMPERATURAS AMBIENTALES DURANTE EL PERIODO DE

ESTUDIO..... 111

4.4 ANÁLISIS DE RESISTENCIA DE LOSAS Y BRIQUETAS DE

CONCRETO..... 112



4.4.1 Resistencia superficial de los concreto con esclerómetro	112
V. CONCLUSIONES.....	120
VI. RECOMENDACIONES	121
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	122
ANEXOS.....	128
Anexo A: Resumen de la temperatura mensual total de la zona de estudio	129
Anexo B: Diseño de mezcla del concreto.	133
Anexo C: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto.	138
Anexo D: Resultados de prueba de resistencia superficial del concreto con esclerómetro.....	141
Anexo E: Panel fotográfico del proceso de investigación.	142

Área : Ingeniería y tecnología

Línea : Ingeniería de Infraestructura Rural

Tema : Resistencia a la compresión del concreto

FECHA DE SUSTENTACIÓN: 14 de diciembre del 2022



ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Composición de cemento Portland.	30
Tabla 2. Ubicación de las plantas en el Perú.....	34
Tabla 3. Porcentaje de resistencia de los diferentes tipos de cementos	38
Tabla 4. Requisitos granulométricos para el agregado grueso.....	48
Tabla 5. Requisitos máximos de partículas deleznable y materiales finos.....	49
Tabla 6. Porcentaje máximo de abrasión e impacto en concretos	50
Tabla 7. Requisitos granulométricos para el agregado fino	51
Tabla 8. Porcentaje máximo de pérdida de masa (5 ciclos) en agregados	51
Tabla 9. Granulometría del agregado global.....	52
Tabla 10. Peso unitario varillado	54
Tabla 11. Peso unitario del agregado suelto	54
Tabla 12. Peso específico y absorción de agregado fina.....	55
Tabla 13. Peso de agregado fino	56
Tabla 14. Material que pasa la malla de los agregados.....	57
Tabla 15. Distribución granulométrica de agregado fino	57
Tabla 16. Módulo de fineza de los agregados.....	59
Tabla 17. Peso unitario compactado de los agregados gruesos	60
Tabla 18. Peso unitario compactado de los agregados gruesos	61
Tabla 19. Peso específico y absorción de agregado grueso	62
Tabla 20. Contenido de humedad del agregado grueso	63
Tabla 21. Análisis granulométrico de los agregados	64
Tabla 22. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088.....	66



Tabla 23. Resistencia de concreto a los 7 días a diferentes proporciones de agregados	90
Tabla 24. Promedio de resistencia de concreto en función a la variación de porcentaje de agregados gruesos y finos	92
Tabla 25. Cálculo del peso unitario compactado P.U.C.	93
Tabla 26. Resultados de Slump por cantidad de agua de diseño en tandas de prueba.	94
Tabla 27. Resultados de la resistencia de pruebas a los 7 días, con $a/c = 0.58$	95
Tabla 28. Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422), de ensayos estándar de clasificación de la norma DIN.....	97
Tabla 29. Características de los agregados a utilizar en el estudio.....	99
Tabla 30. Proporciones de agua y cemento para la pasta según diseño de mezclas	100
Tabla 31. Las proporciones de la mezcla por el método del agregado global	100
Tabla 32. Diseño final con la cantidad óptimo de agua para la elaboración de concreto	105
Tabla 33. Las proporciones de la mezcla por el método del agregado global.	106
Tabla 34. Resistencia superficial de losas de concreto cubiertas con protectores ...	114
Tabla 35. Resistencia promedio de concreto cubiertas con protectores naturales ...	116
Tabla 36. Agrupación de las resistencias a la compresión del concreto a los 12 días	117
Tabla 37. Agrupación de las resistencias a la compresión del concreto a los 15 días	118
Tabla 38. Agrupación de las resistencias a la compresión del concreto a los 29 días	118



ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Porcentaje de resistencia a la compresión del concreto	38
Figura 2. Diagrama de la curva granulométrica del agregado fino	58
Figura 3. Curva granulométrica de los agregados de estudio.....	64
Figura 4. Agrietamiento del concreto por retracción plástica	77
Figura 5. Ubicación del ámbito de estudio.....	81
Figura 6. Características climáticas de la región altiplánica.	83
Figura . Representación de los picos del peso unitario compactado del agregado global.....	93
Figura 8. Comportamiento de la resistencia a la compresión a los 7 días con $a/c = 0.58$	96
Figura 9. Curva granulométrica de los agregados global para elaborar el concreto.	98
Figura 10. Losa y briquetas de concreto protegido con estiércol de corral	108
Figura 11. Protección de concreto fresco con estiércol y arbusto	109
Figura 12. Protección de concreto fresco con chilligua de los andes y totora.....	109
Figura 13. Losa de concreto protegido con estiércol de corral.....	110
Figura 14. Termohigrómetros digital – Data looger	110
Figura 15. Elaboración muestras y preparado de losas de concreto para su ensayo .	111
Figura 16. Comportamiento de la temperatura mínima promedio en °C	112
Figura 17. Ensayo de la resistencia superficial del concreto con esclerómetro.....	113
Figura 18. Equipo de esclerómetro y la tabla de conversión de lectura	113
Figura 19. Ensayo de la rotura de los cilindros de concreto	116



RESUMEN

Las construcciones en la actualidad en su mayoría vienen utilizando el concreto por su facilidad de su uso, sin embargo, el comportamiento del desarrollo de concreto en épocas de las condiciones de temperaturas extremas mínimas (heladas) se ve afectado con consecuencias negativas en la resistencia a la compresión, por lo que, se planteó evaluar la influencia de cobertores naturales en el proceso de fraguado del concreto en épocas de heladas en el distrito de Santa Rosa, El Collao – Puno. Se realizó el diseño de mezcla para el concreto $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ mediante el método del agregado global, luego se elaboró el concreto para preparar muestras de losas y cilindros, 18 unidades cada uno, después de 24 horas se realizó el curado del concreto desde las 9:00 a.m. a 3:00 p.m. luego se protegió con 10 cm de cobertores naturales (chilligua, tierra seca, estiércol, totora y arbusto) y dejar tres losas y tres cilindros al intemperie sin proteger (testigo), después de 12, 15 y 29 días realizaron los ensayos de resistencia a la compresión y finalmente se realizaron los análisis de los resultados. El mejor protector de concreto fresco en distrito de Santa Rosa es el arbusto ($f'c=218 \text{ kg/cm}^2$), seguido por estiércol de ganado ($f'c=197.6 \text{ kg/cm}^2$), mientras que concreto sin protección sólo logró una baja resistencia (108.4 kg/cm^2). Los protectores naturales son una alternativa para lograr resistencias a la compresión para los que ha sido diseñado respecto a concreto sin protección (61.94%).

Palabras clave: Arbustos, cobertores naturales, chilligua, productos naturales, totora.



ABSTRACT

Constructions currently mostly use concrete for its ease of use, however, the behavior of concrete development in times of extreme minimum temperature conditions (frost) is affected with negative consequences on resistance to weathering. compression, therefore, it was proposed to evaluate the influence of natural covers in the concrete setting process in times of frost in the district of Santa Rosa, El Collao - Puno. The mix design for the concrete $f'c=175 \text{ kg/cm}^2$ was carried out by means of the global aggregate method, then the concrete was elaborated to prepare samples of slabs and cylinders, 18 units each, after 24 hours it was carried out. The curing of the concrete from 9:00 am to 3:00 pm was then protected with 10 cm of natural covers (chilligua, dry earth, manure, reeds and bushes) and left three slabs and three cylinders outdoors without protection (control), after 12, 15 and 29 days, the compressive strength tests were carried out and finally the analysis of the results was carried out. The best protector of fresh concrete in the Santa Rosa district is the bush ($f'c=218 \text{ kg/cm}^2$), followed by cattle dung ($f'c=197.6 \text{ kg/cm}^2$), while unprotected concrete only repairs a low resistance (108.4 kg/cm^2). Natural protectors are an alternative to achieve compressive strength for which it has been designed compared to unprotected concrete (61.94%).

Key Words: Shrubs, natural covers, chilligua, natural products, cattails.



CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

La región de la sierra altiplánica peruana presenta ciertas particularidades en su clima y eso influye en el área de la industria de obras civiles, donde se masifica el uso de concreto (Cervantes, 2008), pero su uso tiene muchas deficiencias en la región altiplánica (Belizario et al., 2021), porque las condiciones ambientales propios del altiplano que son agrestes, por lo que es necesario tomar ciertos criterios técnicos que mitiguen estas condiciones y así lograr resultados esperados tal como se indican en los diseños de mezcla del concreto bajo las condiciones ambientales descritas (Belizario-Quispe et al., 2017).

El comportamiento del desarrollo del concreto en sus edades iniciales en tiempos de helada depende de las estrategias implementadas como opciones alternativas para evitar el congelamiento del concreto (Huaquisto & Belizario, 2018) con el caso del distrito de Santa Rosa de Mazocruz– El Collao, utilizando cobertores orgánicos propios del lugar como el estiércol de animales, chilligua de los andes, arbustos, tierra y totora. Las dificultades del desarrollo del concreto en condiciones de temperaturas extremas mínimas son causadas principalmente por bajas temperaturas ambientales (Ortiz et al., 2007), bajos estos escenarios requieren adecuado cuidado el concreto fresco durante los primeros días de desarrollo para evitar el congelamiento (Cervantes, 2008), a fin de que estas condiciones álgidas que no afecten la calidad del concreto al exponer el concreto fresco a temperaturas muy bajas.

Las heladas afectan directamente en la disminución de la resistencia del concreto durante las primeras edades del desarrollo incrementando el potencial de agrietamiento por retracciones plásticas o contracción (Belizario et al., 2021). Bajo estos escenarios



ambientales urge plantear alternativas que eviten daños en cuanto a la calidad y durabilidad de estructuras de concreto.

Para el diseño de mezcla es necesario realizar un estudio adecuado que definan las condiciones y características del diseño de mezcla en función al método a usar y que sean coherentes (Belizario-Quispe et al., 2017), de ahí que, durante el desarrollo del concreto se utilizó cobertores naturales orgánicos como la totora, la tierra, los arbustos, el estiércol, chilligua, estos no demandan gastos adicional considerable en el uso de concreto en la obra que al sustituir los aditivos artificiales y están disponible en la zona.

La presente investigación consta de cuatro capítulos; en el primero consta el planteamiento del problema a investigar, justificación, estudios previos, objetivos e hipótesis de la investigación, el segundo presenta la base teórica y normativa, el tercero es materiales y métodos de investigación y el cuarto los resultados y discusión, y finalmente se incluyen las conclusiones, recomendaciones, bibliografía y anexos.

1.1 PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

La ejecución de la obra civil cada vez más viene avanzando a nivel mundial, esta realidad se repite a nivel nacional, así como en la región del altiplano, sin embargo, más crítico en nuestra región donde las condiciones ambientales álgidos propios del altiplano que condicionan la ejecución de la obra en cuanto a la calidad y cumplimiento de plazos de ejecución.

Las fuertes las oscilaciones de temperaturas que se producen en el altiplano, generando el incremento de la tasa de evaporación durante el día por el incremento de la temperatura y en las noches las temperaturas son mínimas extremas generando heladas, y muchas veces se presentan fuertes corrientes de aire frío. Mientras que, en



los meses de diciembre a marzo se presentan fuertes lluvias como sólidas (granizadas y nevadas) con fuertes descargas con tormentas, y durante los meses de mayo a agosto se presentan las temperaturas mínimas extremas, en caso de Mazocruz llegan las temperaturas extremas mínimas hasta $-27.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ durante la noche (heladas), con aires frescos y fríos por estas condiciones expuestas, requieren estudios para plantear alternativas.

De ahí que, en todas las obras de infraestructura rural y urbana del altiplano en épocas de temperaturas mínimas extremas el colocado de concreto en obras públicas y privadas es una preocupación frecuente, generando fisuras en el concreto fresco, debido principalmente al congelamiento producido por las heladas, desde el mes de abril hasta parte del mes de agosto de cada año, durante este periodo en la región altiplánica las temperaturas varían fuertemente las 24 horas, SENAMHI registró valores desde $-13.3\text{ }^{\circ}\text{C}$. hasta $16.4\text{ }^{\circ}\text{C}$ y en Mazocruz desde $-27.8\text{ }^{\circ}\text{C}$ hasta $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ (Belizario, 2021); por lo que, las obras como losas, veredas, pavimentos rígidos donde el concreto fresco no desarrolla óptimamente porque su velocidad de hidratación se vuelve lento, el tiempo de fraguado se prolonga y en algunos casos se detiene, y posteriormente estas bajas temperaturas dan lugar a contracciones y extensiones del concreto fresco generando grietas y deterioro prematuro de la obra.

Los problemas durante el colocado del concreto en tiempo de heladas son fuertemente afectados la calidad en condiciones ambientales, y por no proteger al concreto fresco del congelamiento al prolongar el tiempo de fraguado, disminuyendo considerablemente la resistencia e incrementar el agrietamiento.

En la presente tesis se propone responder a la interrogante propuesta:



¿Cómo influye los cobertores naturales en el desarrollo del concreto en épocas de las temperaturas extremas mínimas en el distrito de Santa Rosa, El Collao – Puno?

1. ¿Cómo influye la aplicación de la cobertura natural con chilligua, totora, arbustos, tierra, estiércol independientemente en el desarrollo del concreto fresco?
2. ¿Después de aplicar los productos naturales de la zona del altiplano peruano como cobertor natural influye en la resistencia a la compresión simple del concreto durante los primeros días de desarrollo del concreto fresco?

1.2 HIPÓTESIS

1.2.1 Hipótesis general

- La aplicación de los cobertores naturales en el proceso de fraguado de concreto en épocas de heladas influye positivamente en el distrito de Santa Rosa, El Collao – Puno.

1.2.2 Hipótesis específicas

- La aplicación del manto protector al concreto fresco utilizando cubiertas naturales como el chilligua, totora, estiércol, tierra y arbusto influyen en distintamente alcanzar las resistencias óptimas de compresión simple del concreto.
- La aplicación del manto protector de concreto con productos naturales de la zona logra mejorar las resistencias a la compresión simple del concreto en el altiplano peruano.



1.3 JUSTIFICACIÓN DEL PROBLEMA

El sector de la construcción viene sufriendo alteraciones en diferentes aspectos a nivel mundial por el uso de nuevos materiales de construcción por el avance de la ciencia y tecnología y por las condiciones climáticas; estas mismas situaciones climáticas se presentan en el Perú, más aún en el altiplano peruano por sus características geográficas y ubicación. Además, el concreto es uno de los materiales de construcción más utilizados por su versatilidad y de fácil manipulación en su estado fresco para dar diferentes formas y tipos de las obras. Sin embargo, las condiciones climáticas del altiplano peruano cada vez más agrestes, estas condiciones vienen afectando considerablemente a la industria de la construcción, principalmente en los que se usan el concreto como material en la construcción, en sus primeros días de desarrollo del concreto fresco, específicamente reduciendo su resistencia, lo que trae consigo acortamiento de la vida útil de las obras.

Muchas veces estas consecuencias no se tienen en cuenta para determinar la calidad de la obra y los probables daños que se pueden producirse en las infraestructuras que se ejecutan en estas condiciones climáticas por más que se utilizan los aditivos, porque estos aditivos muchas veces no tienen resultados esperados según las especificaciones técnicas establecidas por las condiciones climáticas, generan deterioros prematuros del concreto.

En condiciones a las temperaturas mínimas extremas, el concreto no logra una resistencia adecuada por la demora del fraguado, muchas veces hasta sufrir congelarse antes del inicio de endurecimiento. Estas condiciones es necesario considerar las especificaciones e indicaciones durante el colocado. El ACI-306R considera clima frío, cuando la temperatura ambiental media inferiores a 5 °C permanece por más de 3 días



consecutivos. Si esta se mantiene sobre los 10 °C ya no se considera clima frío. Además, se debe indicar “que en estas condiciones el concreto no adquiere la resistencia de diseño durante su fraguado en los primeros días en tiempos de heladas, debido a la acción expansiva del agua intersticial retardando los tiempos de fraguado del concreto, así como su endurecimiento y el desarrollo de resistencias del mismo”(Gómez L. & Vidal A., 2006). Bajo estas condiciones “es mejor es suspender el colocado de concreto en condiciones de bajas temperaturas, puesto que las temperaturas requeridas de la superficie expuesta del concreto no sea inferior a 5 °C durante las 72 primeras horas después de colocado”(Belizario et al., 2021).

El riesgo de congelamiento del concreto fresco es mayor cuanto fluido es el concreto, por lo que debe usarse concreto con relación agua cemento baja, teniendo en cuenta el diseño de mezcla. Puesto que “el concreto no desarrolla un adecuado fraguado debido su lenta velocidad de hidratación, prolongándose el tiempo de fraguado y hasta podría detenerse, las bajas temperaturas oscilan desde -7 °C hasta 19 °C durante 24 horas en promedio, generando contracciones y extensiones en el concreto hasta producir fisuras en las obras civiles, y sumando a ello los concretos de bajas resistencias que se diseñan, y las consecuencias a corto plazo es evidente: concretos deteriorados y fragmentados ya que estas causas no permiten que el concreto tenga una buena durabilidad”(Belizario-Quispe et al., 2017).

Estos resultados serán de utilidad para los especialistas del diseño de mezcla principalmente, en las condiciones del altiplano donde las variables climáticas son agrestes por la consecuencia del cambio climático, que muchas es incierto (Belizario, 2021), por lo que plantea en la presente investigación realizar ensayos durante los primeros días de desarrollo del concreto fresco, usando como protectores naturales (ichu, totora, arbustos, tierra, estiércol) durante las temperaturas mínimas extremas



(heladas). Puesto que estos materiales se encuentran disponibles en la zona de estudio sin costos adicionales considerables para el uso del cobertor, y que eviten la disminución de la resistencia del concreto por el congelamiento durante sus primeros días de desarrollo y así plantear una alternativa de protección más eficiente del concreto durante su fraguado en los meses de mayo a agosto en el altiplano peruano.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo general

- Evaluar la influencia de cobertores naturales en el proceso de fraguado del concreto en épocas de heladas en el distrito de Santa Rosa, El Collao – Puno.

1.4.2 Objetivos específicos

- Aplicar el manto protector al concreto fresco utilizando cubiertas naturales como el chilligua, totora, arbusto, tierra y estiércol independientemente para determinar la resistencia a la compresión simple del concreto.
- Comparar la resistencia del concreto después del manto protector de concreto con productos naturales de nuestra zona.



CAPÍTULO II

REVISIÓN DE LITERATURA

2.1 ANTECEDENTES

2.1.1 Antecedentes nacionales

A medida que las tecnologías de la información y comunicación se desarrollan y mejoran continuamente, se incorporan cada vez más en los campos de la ingeniería civil, la construcción y la infraestructura sean competitivos y garantizar la calidad de las estructuras de concreto, puesto que el seguimiento de la humedad y la temperatura proporciona información sobre los procesos de hidratación y endurecimiento del concreto (Chavarry, 2018).

Las bajas temperaturas muchas veces en el altiplano vienen afectado las actividades de los pobladores, esto muchas es debido al cambio climático que viene presentándose, donde las oscilaciones térmicas es cada vez mayor (Belizario, 2014, 2015; Belizario et al., 2013). Además, la altitud uno de los factores que influyen en la resistencia del concreto, se pudo constatar que el mayor a mayor altitud disminuye la resistencia del concreto en su estado endurecido (Belizario-Quispe et al., 2017; Belizario et al., 2021). Los daños por bajas temperaturas (frío y congelación) pueden producirse a diferentes tipología del daño considerable, pero el daño incluso cuando la temperatura protegida está por encima de la temperatura crítica de daño puede ser considerable (FAO, 2010).

La aplicación de polietileno con aserrín “logra una resistencia óptima para concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo en condiciones de variación de temperaturas (congelamiento y deshielo)” (Medina & Quispe, 2017).



2.1.2 Antecedentes internacionales

El tipo de prueba de endurecimiento ha evolucionado correctamente hasta ofrecería ahorro de 45.37% en comparación con los controles existentes. “La intemperie y el clima son uno de los factores que influye mucho en cuanto a la elección del material apropiado ya que no es lo mismo construir en una zona de clima tropical que en una zona de clima frígido, de ahí que los materiales (cemento, agregados, agua y aditivos) deben cumplir estrictamente lo establecido en las normas ASTM C150, ASTM C33, ASTM C 494” (Cerdán et al., 2014).

El cemento, “no depende del factor clima, es decir, no porque exista un clima determinado se deberá ocupar un cemento específico, pero si, se pueden obtener ventajas entre un cemento de grado corriente y otro de alta resistencia, solo en condiciones muy extremas de temperaturas bajas, estas ventajas redundan en el orden económico, porque al utilizar un cemento de grado alta resistencia este acortara el periodo de protección ya que este se encontrara más prontamente preparado para afrontar las bajas temperaturas, caso contrario ocurre con un cemento de grado corriente y así también, queda demostrado en las tomas a las temperaturas de las pastas de cemento”(Cervantes, 2008).

Además, “es recomendable que una vez descimbrado es bueno seguir protegiendo el concreto para que no se vea afectado por ciclos de hielo/deshielo, lo cual puede producir fisuras de carácter leve que son similares a las fisuras de retracción e hidratación, solo que estas se producen por introducción de agua por capilaridad en el concreto, la cual, al verse enfrentada a una temperatura bajo cero el agua se congelara, afectando así a las zonas más débiles de los elementos



de concreto, que son las esquinas, bordes y en general las primera zonas expuestas a la temperaturas bajas, y las cuales se deben proteger”(Legal, 2005).

El cemento Rumi Puzolanico, “al presentar menor calor de hidratación y mayor requerimiento de agua, su fraguado sufre algún retraso comparado con un cemento normal tipo I, por tanto, el desarrollo de resistencias iniciales es menos rápida, sin que ello represente disminución de calidad pero si se deberá tener extrema precaución con una probable interrupción de su fragua ante descenso brusco de temperatura” (Speicher, 2007).

En general, no debe colocarse el concreto en condiciones descenso de temperaturas del ambiente por debajo 0 °C dentro de 48 horas siguientes. El uso del concreto en tiempos de helada, deben tener cuenta las especificaciones del concreto para garantizar el fraguado y primer endurecimiento, a fin evitar deterioros locales y daños apreciables en los elementos resistentes. Además, se entiende las condiciones de temperaturas extremas mínimas durante 3 días continuas: La “temperatura media diaria del aire es inferior a 5 °C y la temperatura del aire no supera los 10 °C durante más de la mitad del día; donde, la hidratación de la pasta de cemento se retrasa con las bajas temperaturas, hasta puede dañar de manera permanente el concreto poco endurecido si el agua contenida en los poros se hiela y rompe el material. En consecuencia, deben adoptarse las medidas necesarias para asegurar que la velocidad de endurecimiento sea adecuada y que no se producen daños por helada, porque en tiempo frío el concreto es susceptible de encontrarse fresco durante más tiempo. En estas condiciones se requiere un curado efectivo porque existe un alto riesgo de evaporación superficial”(BASF, 2008).



Se compararon para evidenciar la influencia de los ciclos de hielo-deshielo, por bajas temperaturas nocturnas y altas durante el día, provocan que, con el tiempo, que las estructuras de concreto pudieran dañarse, afectando sus propiedades físicas y químicas y su apariencia. “Un alto contenido de agua en la mezcla de concreto, puede originar un mayor porcentaje de deterioro” (Díaz, 2019).

La afectación del ciclo de hielo-deshielo a temprana edad del concreto es enorme, “con un deterioro físico marcado en condiciones de alta humedad (probetas curados por inmersión en laboratorio). Para evitar el deterioro del concreto, a edad temprana, ocasionado por los ciclos hielo–deshielo que se presentan en la ciudad de Tunja, el concreto debe protegerse en horas de la noche con elementos adecuados (plásticos, telas, mantos, etc.) y en el día debe tener un buen proceso de curado”(Páez Moreno et al., 2009).

Los cobertores naturales del altiplano como el estiércol, chilligua, totora, son los magníficos aislantes térmicos que mantienen temperaturas constantes durante el proceso del curado de concreto fresco, que permite desarrollar con total normalidad de resistencia (Catacora, 2015); sin embargo, “la resistencia a la compresión debido a los ciclos de congelamiento y deshielo, disminuye a medida que se incrementa el porcentaje de aditivo incorporador de aire, puesto que las muestras sin aditivo pierden el 19% de resistencia y para las mezclas con 0.04% de aditivo Air Mix 200 y SikaAer se obtienen las pérdidas más bajas, 12% y 10% respectivamente”(Cruzado & Rivera, 2019). Si la temperatura está por debajo de los $-10\text{ }^{\circ}\text{C}$ no es conveniente vaciar el concreto, salvo que se trate de concreto masivo(Morales, 2011); “en un curado eficaz es esencial para reducir o evitar el secado prematuro y permitir la evolución adecuada de la hidratación



del cemento o materiales cementantes, y alcanzar las propiedades especificadas en el concreto endurecido. Por su parte, un curado defectuoso puede comprometer la calidad del concreto de recubrimiento, reduciendo su resistencia al desgaste y su durabilidad”(Contreras & Velazco, 2018).

2.2 BASE TEÓRICA

2.2.1 Concreto

El concreto “es un producto artificial compuesto por un medio ligante denominado pasta, adicionado por el agregado. Esta pasta es la combinación química del material cementante con el agua en la fase continua y el agregado en la fase discontinua del concreto dado que sus diversas partículas no se encuentran unidas por espesores diferentes de pasta endurecida”(Rivva, 2000). Cuyas “propiedades del concreto estan determinadas por las características físicas y químicas de sus materiales componentes”(Portugal Barriga, 2007).

2.2.2 Materiales y su composición del concreto

Los materiales componentes del concreto, que permiten entender claramente el comportamiento del concreto y sus ensayos, según los procedimientos señalados en las normas (Lozano et al., 2007):

2.2.2.1 Cementos

Antecedentes históricos

Desde épocas romanos usaron “como agregado ladrillos quebrados, los que eran incrustados en una mezcla de cal con polvo del ladrillo o la ceniza volcánica, de esta forma se construyeron una variedad amplia de estructuras



como caminos, acueductos, templos, palacios etc.” (Neville & Brooks, 2010). Asimismo, “utilizaron losas de concreto en muchas de sus estructuras públicas como el Coliseo y el Partenón”(Torre, 2004). “Para lograr concretos de peso ligero, los romanos utilizaron recipientes de barro que eran impregnados en la estructura generando vacíos en las paredes, y logrando así su propósito” (Ottazzi Pasino, 2014).

Además, “en 1824, el inglés J. Aspin, elaboró y patentó un producto similar al cemento, obtenido mediante la cocción de una mezcla de calcáreos y arcilla finamente molida. Este ligante permitió elaborar un concreto similar a la piedra Portland (similar de la isla de Portland), comúnmente utilizado en Inglaterra para la construcción, de aquí la denominación del cemento Portland”(Abanto, 2005).

2.2.2.1.1. Cementos Portland

La Norma Técnica Peruana (NTP) 334.009, define como un “cemento hidráulico producido mediante la pulverización del Clinker compuesto esencialmente por silicatos de calcio hidráulicos y que contiene generalmente una o más de las formas sulfato de calcio como adición durante la molienda” (Neville & Brooks, 2010):

A. Cemento Portland

El cemento Portland es un polvo muy fino de color verdoso compuesto por Clinker Portland más yeso, al mezclar con agua forma una pasta muy plástica y moldeable que al fraguar endurece hasta adquirir gran resistencia y durabilidad(Ruíz et al., 2017). Mientras que, cemento Portland puzolánico, es el



que contiene puzolana obtenido por la pulverización conjunta de una mezcla de Clinker Portland y puzolana con adición de sulfato de calcio, comprendida entre 15 y 40% en peso total de puzolana, en un material arcilloso o silico-aluminoso que por sí mismo puede tener poco o ninguna actividad hidráulica, pero que finamente dividida y en presencia de humedad reacciona químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar compuestos que poseen propiedades hidráulicas(Enseñat, 1977).

B. Materias primas del cemento Portland

Las materias primas necesarias para la fabricación de un cemento Portland son principalmente (Zabaleta, 1988):

- a. Materiales calcáreos:** El contenido de carbonato de calcio (CO_3Ca) debe estar entre 60% a 80% y no deberá tener más de 1.5% de magnesia.
- b. Materiales arcillosos:** Sílice debe contener entre 60% y 70%.
- c. Minerales de fierro:** El óxido férrico debe contener en pequeñas cantidades, en algunos casos éstos vienen con la arcilla.
- d. Yeso:** El sulfato de calcio se añade al Clinker para controlar la fragua (retardar y regular). Sin el yeso, el concreto aceleraría muy rápidamente debido a la hidratación violenta del aluminato tricálcico y el ferro aluminato tetra cálcico.

C. Proceso de fabricación

Se describe a continuación el proceso de fabricación (Rivva, 2000):

1. Se extrae la materia prima con la explotación de los yacimientos a tajo abierto mediante la voladura y es transportado en camiones para su trituración.



2. Trituración de la materia prima se realiza en dos etapas, inicialmente se procesa en una chancadora primaria, del tipo cono para reducir de un tamaño máximo de 1.5 m hasta los 25 cm (chancado primario). Esta es depositada en una cancha de almacenamiento y luego de verificar su composición química, pasa al triturado secundario reduciéndose a tamaños de hasta $\frac{3}{4}$ " aproximadamente.
3. Pre-homogenización es llevada por cintas transportadoras, depositándose en un parque de materias primas.
4. Molienda de crudos se realiza por medio de molinos de bolas o prensas de rodillos que producen un material muy fino en donde se dosifica adecuadamente los materiales para lograr un crudo óptimo que será el que ingrese al horno.
5. Homogenización se realiza a fin de garantizar que el Clinker sea de calidad constante; es decir, en esta etapa se debe asegurar la composición química constante del crudo.
6. Clinkerización es la etapa más importante en el horno rotatorio, siendo este el elemento principal para la fabricación del cemento, en un tubo cilíndrico de acero con diámetros de 4 a 5 m y longitudes de 70 a 80 m, a temperaturas alrededor de los 1500 °C.
7. Enfriamiento: No todos los minerales deseados del Clinker, hidráulicamente activos, quedan estables después del proceso de Clinkerización; por lo que, es necesario que el Clinker caliente deba ser enfriado rápidamente; es decir, una vez que el Clinker es descargado por el horno pasa a la tercera parte del circuito de Clinkerización, constan de varias superficies escalonadas compuestas por placas fijas y placas móviles alternadas con unos pequeños

orificios por donde pasa el aire que es insuflado por la parte inferior por la acción de ventiladores con el objeto de enfriar el Clinker hasta aproximadamente 120 °C para ser almacenado posteriormente a esta temperatura en las canchas de almacenamiento; por lo tanto, un proceso de enfriamiento lento podría bajar la resistencia del cemento.

8. Molienda del Clinker, en el que entra a los molinos de bolas o prensa de rodillos donde se obtiene una superficie específica alta de los granos del cemento.
9. Envasado y despacho, como proceso final el cemento se comercializa en bolsas de 42.5 kg, de acuerdo a los requerimientos del usuario también puede despacharse a granel.

2.2.2.1.2. Composición química del cemento Portland IP

El cemento Portland, está formado por compuesto según la tabla 1:

Tabla 1. Composición de cemento Portland.

Componentes de cemento	Símbolo	Sigla	Composición
Silicato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_3S	30% a 50%
Silicato dicálcico	$2\text{CaO} \cdot \text{SiO}_2$	C_2S	15% a 30%
Aluminato tricálcico	$3\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3$	C_3A	4% a 12%
Ferro aluminato tetracálcico	$4\text{CaO} \cdot \text{Al}_2\text{O}_3 \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$	C_4AF	8% a 13%
Cal libre		CaO	
Magnesia libre (Periclasa)		MgO	

Fuente: Tecnología de concreto: teoría y problemas (Abanto, 2005).



Estos compuestos al aplicar agua se hidratan y forman la pasta de cemento endurecido en el concreto, donde el Silicato Tricálcico varía para tipos cementos (Reilly Díaz et al., 2010). El “Clinker está constituido en un 75% entre Silicato Tricálcico y Silicato Dicalcico, que son los principales constituyentes de la resistencia mecánica de los cementos en las primeras edades” (Yaphary et al., 2017).

2.2.2.2 Propiedades de los compuestos principales

Se realiza una breve enumeración de las principales propiedades de cada uno de los principales compuestos del cemento (Torres Serrano, 2012):

A. Silicato tricálcico (C₃S), conocido también como alita

- Se hidrata y endurece rápidamente.
- Es el más importante de los compuestos del cemento.
- Determina la rapidez o velocidad de fraguado.
- Determina la resistencia inicial del cemento.
- Contribuye a la resistencia al intemperismo.

B. Silicato dicálcico (C₂S), conocido también como velita

- Contribuye con las resistencias a edades mayores a una semana.
- Por su porcentaje en el Clinker, es el segundo en importancia
- Se hidrata y endurece con lentitud.
- Alcanza elevada resistencia a la compresión a largo plazo (después de prolongado endurecimiento).
- Contribuye a la resistencia al intemperismo junto al C₃S.



C. Aluminato tricálcico (C₃A).

- Es el primero en hidratarse, o sea fragua con mucha rapidez (hidratación violenta).
- Libera gran cantidad de calor durante los primeros días de la hidratación.
- Incide levemente en la resistencia mecánica.
- Tiene baja resistencia al intemperismo (acción del hielo y deshielo).
- Escasa resistencia a la acción del ataque de los sulfatos y ataques químicos.

D. Ferro aluminato tetra cálcico (C₄AF).

- Reduce la temperatura de formación del Clinker
- Rápida velocidad de hidratación
- Influye en el color final del cemento

2.2.2.3 Tipos de cementos

Se describe los principales tipos de cementos comerciales (Valarezo M., 2007):

A. Cementos Portland sin adición

Cementos “constituidos por Clinker Portland y la inclusión solamente de un determinado porcentaje de sulfato de calcio (yeso). Aquí tenemos según las Normas Técnicas Peruanas”(Valarezo M., 2007):

Tipo I : Para usos que no requieran propiedades especiales de cualquier otro tipo.

Tipo II : Para uso general y cuando se desea moderada resistencia a los sulfatos o moderado calor de hidratación.

Tipo III : Para utilizarse cuando se requiere altas resistencias iniciales.

Tipo IV : Para emplearse cuando se desea bajo calor de hidratación.



Tipo V : Para emplearse cuando se desea alta resistencia a los sulfates.

B. Cementos portland adicionados

A la combinación de Clinker Portland y yeso, se adicionan 2 o más componentes inorgánicos que contribuyen a mejorar las propiedades del cemento. (Ej.: puzolanas, escorias granuladas de altos hornos, componentes calizos, sulfato de calcio, incorporadores de aire). Que se detallan según Normas Técnicas (Valarezo M., 2007):

- **Cementos Portland Puzolánicos (NTP 334.044)**

Cemento Portland Puzolánico tipo IP, con adición de puzolana de 15% a 40%.

Cemento Portland Puzolánico modificado tipo I (PM), con adición de puzolana menor de 15%.

- **Cementos Portland de Escoria (NTP 334.049)**

Cemento Portland de Escoria tipo IS, con adición de escoria de 25% a 70%.

Cemento Portland de Escoria modificado tipo I (SM), con adición de escoria menor a 25%.

- **Cementos Portland compuesto tipo 1 (Co) (NTP 334.073).**

Cemento adicionado por la pulverización conjunta de Clinker Portland y materiales calizos (travertinos), hasta un 30% de peso.

- **Cemento de albañilería (NTP 334.069).**

Cemento obtenido por la pulverización de Clinker Portland y materiales que mejoran la plasticidad y la retención de agua.

- **Cementos de especificaciones de la performance (NTP 334.082).**

Cemento para aplicaciones generales y especiales sin restricciones en su composición o sus constituyentes. Como: Alta resistencia inicial, resistencia al ataque de sulfatos, calor de hidratación, son(Díaz Coronel, 2013):

GU: De uso general, cuando no se requiera propiedades especiales.

HH: De alta resistencia inicial.

MS: De moderada resistencia a los sulfatos.

HS: De alta resistencia a los sulfatos.

MH: De moderado calor de hidratación.

LH: De bajo calor de hidratación.

2.2.2.4 Cementos en el Perú

Las empresas cementeras en el Perú (Abanto, 2005):

Tabla 2. Ubicación de las plantas en el Perú

Nombre	Ubicación
Cementos Lima S. A.	Atocongo – Lima.
Cementos Pacasmayo S. A.	Pacasmayo - La Libertad.
Cemento Andino S. A.	Condorcocha - Tarma (Junín).
Cemento Yura S. A.	Yura – Arequipa.
Cemento Sur S. A.	Caracoto - Juliaca (Puno).
Cemento Rioja.	Pucallpa – Ucayali.

Fuente: Tecnología del concreto: Teoría y problemas (Abanto, 2005).



A. Propiedades del cemento Portland Puzolanico IP

Los cementos Portland Puzolanico generalmente adquieren su resistencia muy lentamente y su curado es más prolongado, sin embargo, su resistencia última es aproximadamente similar a la del cemento Portland común, la adición de puzolana es del orden del 30% de la cantidad total del cemento, con limitación principalmente en su composición química y poco en algunas propiedades físicas del cemento, como (Giraldo, 2003):

i. Finura

La finura es el grado de molienda del polvo, expresada por la superficie específica en m^2/kg . Se determinan por dos ensayos en el laboratorio: el Permeabilmetro de Blaine y Turbidimetro de Wagner. Su importancia para mayor finura por la resistencia, pero aumenta el calor de hidratación y cambios de volumen, o sea, a mayor finura del cemento mayor rapidez de hidratación y mayor desarrollo de resistencia.

ii. Peso específico

El peso del cemento por unidad de volumen, expresada en g/cm^3 , se determina mediante el ensayo del frasco de Le Chatelier (NTP 334.005) en el laboratorio, su importancia en los cálculos en el diseño de mezcla, que puede ser aproximadamente 3.15 en los cementos Portland.

iii. Tiempo de fraguado

Es el tiempo entre el mezclado de agua con cemento y la solidificación de la pasta en minutos, desde el inicio al final. Existen 2 métodos para calcularlo: El Agujas de Vicat: NTP 334.006 y Agujas de Gillmore: NTP 334.056. Generalmente depende más de la temperatura y del contenido de



agua. Su importancia, fija la puesta correcta en obra y endurecimiento del concreto.

iv. Estabilidad de volumen

En la verificación de los cambios volumétricos por presencia de agentes expansivos en porcentaje. Se determina mediante el ensayo en Autoclave: NTP 334.004.

v. Resistencia a la compresión

La propiedad más importante, como la capacidad mecánica del concreto a soportar a una fuerza externa de compresión, expresada en kg/cm^2 , determinada mediante la prensa hidráulica las probetas cúbicas de 5 cm de lado (con mortero cemento-arena normalizada) o cilíndricas: NTP 334.051, a diferentes edades: 1, 3, 7, 28 días. Su importancia en la calidad de concretos.

vi. Contenido de aire

Es la cantidad de aire atrapado o retenido en la mezcla (mortero), se expresa en % del volumen total, se determina mediante pesos y volúmenes absolutos de mortero en molde cilíndrico estándar: NTP 334.048. Su importancia en concretos con aire atrapado disminuye la resistencia (5% por cada 1 %).

vii. Calor de hidratación

Es el calor generado por la reacción exotérmica de la hidratación del cemento (cemento por la hidratación), expresada en cal/g y depende principalmente del C_3A y C_3S , se determina mediante el ensayo del calorímetro de Langavant o el de la Botella Aislante, según NTP 334.064, que permite medir la generación de calor de hidratación, la finura del cemento y la temperatura del curado, en estructuras con gran masa de



concreto la rapidez y la cantidad de calor generado son importantes, ya que si no se disipa este calor puede generar dilatación térmica: por elevación de la temperatura en el concreto.

Por otro lado, cabe mencionar que la generación de calor de hidratación puede beneficiar en tiempos fríos, por otra parte, el enfriamiento posterior del concreto puede cambiar generar esfuerzos perjudiciales.

B. Descripción del mecanismo de hidratación

La hidratación del cemento comprende dos fase de reacciones químicas completamente distintas, que describimos(Neville & Brooks, 2010):

- **Primera fase**

La reacción contribuye principalmente a la resistencia temprana del cemento por la intervención de los silicatos cálcicos con su alto contenido en su composición el Clinker.

- **Segunda fase**

Es una reacción complementaria, las puzolanas, que hacen lentas su fragua por déficit de aluminatos, donde “reaccionan los hidróxidos de calcio con el agua, para aunarse a los silicatos cálcicos hidratados y los aluminatos tricalcicos presentes en el cemento que logran finalmente aluminatos cálcicos hidratados. La velocidad de hidratación es directamente proporcional a su finura del cemento y es inversamente proporcional al tiempo, ya que inicialmente es rápida y va disminuyendo conforme transcurre el tiempo, donde muchos investigadores indican que dicho proceso nunca llega a detenerse”(Neville & Brooks, 2010).

2.2.2.5 Relación de resistencia del concreto por tipos cementos usados

Para los “diferentes tipos de cemento Portland IP, I, II, III, IV, V, en el que los investigadores revisaron las variaciones de resistencias de cada tipo de cemento” (Zabaleta, 1988).

Tabla 3. Porcentaje de resistencia de los diferentes tipos de cementos

Días	Tipo IP	Tipo I	Tipo II	Tipo III	Tipo IV	Tipo V
7	41 %	70 %	60 %	80 %	42 %	58 %
14	81 %	85 %	82 %	90 %	70 %	80 %
28	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %
90	121 %	118 %	125 %	107 %	145 %	128 %
180		123 %	135 %	110 %	160 %	138 %
365		130 %	142 %	115 %	170 %	146 %

Fuente: Diseño de mezclas de concreto (Cachay, 2014).

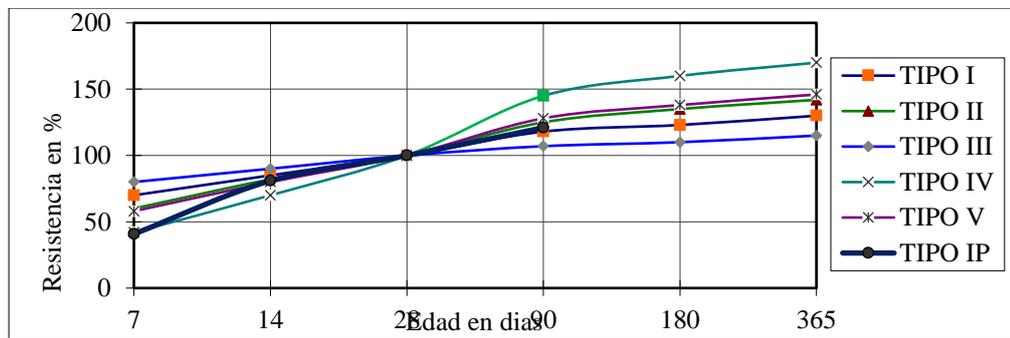


Figura 1. Porcentaje de resistencia a la compresión del concreto

Fuente: Gráfica en función a la información de la tabla 3.

Los porcentajes de resistencia por diferentes tipos de cemento y el cemento puzolánico se muestran en la tabla 3 y la figura 1, tiene resistencias mayores a largo plazo.



2.2.3 Agregados para el concreto

Se establece que este material “es de mayor % de participación que tiene dentro de la unidad cúbica de concreto sus propiedades y características diversas influyen en todas las propiedades del concreto”(Oré Torre, 2014). “Tiene influencia importante en las propiedades del concreto, en la calidad final, trabajabilidad y consistencia al estado plástico así como en el acabado, durabilidad, resistencia, propiedades elásticas y térmicas, cambios volumétricos y peso unitario del concreto endurecido” (Merlin, 2002).

Según la NTP E-060 de concreto armado, indica que a pesar de no cumplir los requisitos estipulados en ciertas circunstancias los agregados, “han demostrado un buen comportamiento en experiencias de obras ejecutadas; sin embargo, debe tenerse en cuenta que un comportamiento satisfactorio en el pasado no garantiza buenos resultados bajo otras condiciones y en diferentes localizaciones, en la medida de lo posible deberán usarse agregados que cumplan con las especificaciones”(Neville & Brooks, 2010).

2.2.3.1 Importancia

Los agregados en “el concreto ocupan alrededor de $\frac{3}{4}$ partes del volumen, de ahí necesario su adecuada selección; además, los agregados débiles podrían limitar la resistencia del concreto, por otra parte estos elementos son los que proporcionan una estabilidad volumétrica al concreto y durabilidad”(Neville & Brooks, 2010).

2.2.3.2 Definiciones

Agregado, es el “conjunto de partículas inorgánicas de origen natural o artificial cuyas dimensiones están comprendidas entre los límites fijados en la NTP



400.011. Los agregados son la fase discontinua del concreto y son materiales que están embebidos en la pasta y que ocupan aproximadamente el 75% del volumen de la unidad cúbica de concreto”(Abanto, 2005).

Agregado global, “comprende un método experimental para hallar las proporciones de agregados fino y grueso, así como usos granulométricos considerados óptimos, para encontrar las proporciones de finos y gruesos en el diseño de mezclas, dentro de los cuales se puedan obtener concretos trabajables y compactos”(Belizario et al., 2021).

Grava, es un “agregado grueso proveniente de la desintegración natural de rocas y que en forma natural se encuentra en los lechos de ríos o yacimientos”(Polanco, 2012).

Muestra elaborada, “muestra extraída de una cantera y que tiene un proceso de elaboración” (Rivva, 2000).

Muestra representativa, “muestra de yacimiento, y elaborada por personas que contemplen las normas peruanas o ASTM y debe ser obtenido por un proceso de cuarteo”(Torre, 2004).

Tamaño máximo, “corresponde al menor tamiz por el que pasa toda la muestra de agregado”(Abanto, 2005).

Tamaño nominal máximo, “corresponde al menor tamiz en el cual se produce el primer retenido” (Abanto, 2005).

Módulo de fineza, “criterio establecido en 1925 por Duff Abrams a partir de las granulometrías del material se puede intuir una fineza promedio del material utilizando la siguiente expresión”(Polanco, 2012).



2.2.3.3 Clasificación de los agregados

Existen varias formas de clasificar a los agregados, que se mencionan (Abanto, 2005):

A. Por su naturaleza

- **El agregado fino**, es aquel que pasa el tamiz 3/8" y queda retenido en la malla N° 200, es la arena producto resultante de la desintegración de las rocas (Abanto, 2005).
- **El agregado grueso**, es aquel que queda retenido en el tamiz N° 4 y proviene de la desintegración de las rocas; como la piedra chancada y grava (Abanto, 2005).
- **El hormigón**, es el material conformado por una mezcla de arena y grava, mezclado en proporciones arbitrarias en forma natural en la corteza terrestre principalmente en los cauces de los ríos como cantera (Abanto, 2005).

B. Por su densidad

Se clasifican "en agregados de peso específico normal comprendidos entre 2.50 a 2.75, ligeros con pesos específicos menores a 2.50, y agregados pesados cuyos pesos específicos son mayores a 2.75" (Abanto, 1995).

C. Por el origen, forma y textura superficial

Estos agregados "por naturaleza tienen forma irregularmente geométrica compuestos aleatoriamente por caras redondeadas y angularidades" (Abanto, 1995).

En términos descriptivos la forma de los agregados puede ser (Huerta, 2013):



- **Angular:** “Cuyos bordes están bien definidos y formado por la intersección de sus caras (planas), además de poca evidencia de desgaste en caras y bordes” (Huerta, 2013).
- **Sub angular:** “Evidencian algo de desgaste en caras y bordes, pero las caras están intactas” (Huerta, 2013).
- **Sub redondeada:** “Considerable desgaste en caras y bordes” (Huerta, 2013).
- **Redondeada:** “Bordes desgastados casi eliminados” (Huerta, 2013).
- **Muy redondeada:** “Sin caras ni bordes” (Huerta, 2013).

Las texturas superficiales son: Lisa, áspera, granular, vítrea y cristalina. Depende principalmente de “la dureza, tamaño del grano y las características de la roca original. La forma y la textura del material influyen altamente en la resistencia a la flexión del concreto. Estas características se deben controlar obligatoriamente en los concretos de alta resistencia. También se puede afirmar que la forma y textura de las arenas influyen en los requerimientos de agua en el concreto” (Neville & Brooks, 2010).

D. Por el tamaño del agregado

Por “su tamaño, los agregados para concreto son clasificados en: Agregados finos (arenas) y agregados gruesos (piedras) (Torres Serrano, 2012).

2.2.3.4 Funciones del agregado

El agregado dentro del concreto cumple principalmente las siguientes funciones (Polanco, 2012):



- a. La pasta compuesta por cemento y agua, reduciendo en m^3 .
- b. Proporciona una masa de partículas capaz de resistir las acciones mecánicas de desgaste o de intemperismo, que actúan sobre el concreto.
- c. Reducir los cambios de volumen producto de los procesos de fraguado y endurecimiento, de humedecimiento y secado o de calentamiento de la pasta.

El módulo de fineza identifica los agregados finos, “en general es más pequeño a medida que el agregado es más fino”(Torres Serrano, 2012). “La función de los agregados en el concreto es la de crear un esqueleto rígido y estable lo que se logra uniéndolos con cemento y agua (pasta). Cuando el concreto está fresco, la pasta también lubrica las partículas de agregado otorgándole cohesión y trabajabilidad a la mezcla. Para cumplir satisfactoriamente con estas funciones la pasta debe cubrir totalmente la superficie de los agregados”(Torre, 2004).

Asimismo, “los agregados de menor tamaño tienen una mayor superficie para lubricar y demandarán mayor cantidad de pasta. En consecuencia, para elaborar concreto es recomendable utilizar el mayor tamaño de agregado compatible con las características de la estructura” (Merlin, 2002). La textura del material, define la superficie del material es lisa o rugosa, “es una característica ligada a la absorción pues agregados muy rugosos tienen mayor absorción que los lisos además que producen concretos menos plásticos” (Torre, 2004).

2.2.3.5 Propiedades del agregado

A. Propiedades físicas

a. Peso específico SSS

El peso específico de masa saturado superficialmente seco (SSS) según la norma ASTM E-12 es “la relación a una temperatura estable, de la masa en



el aire de un volumen unitario de material permeable a la masa en el aire de la misma densidad, de un volumen igual de agua destilada libre de gas”(Arroyo, 2012). “El agregado sin humedad libre, pero que aún contiene la cantidad total de humedad absorbida, se llama saturado superficialmente seco y su peso es exigido por el diseñador de mezclas”(Laura, 2006).

b. Porosidad

Es la propiedad “más importantes del agregado por su influencia en las otras propiedades de éste, puede influir en la estabilidad química, resistencia a la abrasión, resistencias mecánicas, propiedades elásticas, gravedad específica, absorción y permeabilidad”(Polanco, 2012).

c. Peso unitario

Es el “resultado de dividir el peso de las partículas entre el volumen total incluyendo los vacíos que influyen a la forma de acomodo de estos”(Torre, 2004). El procedimiento normalizado para calcular se encuentra en ASTM C 29 y NTP 400.017, estos valores son usados en las transformaciones de pesos a volúmenes y viceversa (Abanto, 2005).

d. Porcentaje de vacíos

Es la “medida de volumen expresado en porcentaje de los espacios entre las partículas de agregados, depende del acomodo de las partículas”, se determina por la expresión recomendada por ASTM C 29(Abanto, 2005):

$$\%vacio = \frac{(SxW - PUC)}{SxW} 100$$

Donde: S es el peso específico de masa, W es la densidad del agua y P.U.C. es el peso unitario compactado seco del agregado.



e. Humedad

La humedad del agregado, “es la cantidad de agua superficial retenida por la partícula, su influencia está en la mayor o menor cantidad de agua necesaria en la mezcla se expresa de la siguiente forma”(Cachay, 2014):

$$\%Humedad = \frac{(W_{natural} - W_{seco})}{W_{seco}} 100$$

f. Absorción

El % de absorción, “es la capacidad de los agregados de llenar con agua los vacíos al interior de las partículas, se expresa de la siguiente forma”(Valarezo M., 2007):

$$\%Absorción = \frac{(W_{sss} - W_{seco})}{W_{seco}} 100$$

Dónde: W_{sss} es el peso saturado superficialmente seco y W_{seco} es el peso seco.

B. Propiedades resistentes

a. Resistencia

La “resistencia de los agregados depende de su composición textura y estructura, y la resistencia del concreto no puede ser mayor que el de los agregados; si los granos de los agregados no están bien cementados unos a otros consecuentemente serán débiles” (Rivva, 2000).

b. Tenacidad

Es la “característica asociada con la resistencia al impacto del material y está directamente relacionada con la flexión, angularidad y textura del material” (Portugal Barriga, 2007).



c. Dureza

La “dureza de un agregado es la resistencia a la erosión o abrasión o en general al desgaste y depende de sus constituyentes. Entre los agregados a emplear en concretos éstas deben ser resistentes a procesos de abrasión o erosión y pueden ser el cuarzo, la cuarcita, las rocas densas de origen volcánico y las rocas Silicosa” (Díaz Coronel, 2013).

d. Módulo de elasticidad

Es determinado como “el cambio de esfuerzos con respecto a la deformación elástica, considerándosele como una medida de la resistencia del material a las deformaciones”(Díaz Coronel, 2013).

C. Propiedades térmicas

a. Coeficiente de expansión

Es la forma de cuantificar la capacidad de aumento de dimensiones de “los agregados en función de la temperatura, depende mucho su composición y estructura interna de las rocas y varía significativamente entre los diversos tipos de rocas. En los agregados secos es alrededor de un 10% mayor que en estado parcialmente saturado”, oscilando de 0.9×10^{-6} a $8.9 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ (Díaz Coronel, 2013).

b. Calor específico

El calor específico “es la cantidad de calor necesaria para incrementar en 1 $^{\circ}\text{C}$ la temperatura, no tiene oscilaciones considerables en los diversos tipos de roca salvo en el caso de agregados muy ligeros y porosos”(Valarezo M., 2007).

c. Conductividad térmica



La conductividad térmica es un indicador de “la mayor o menor facilidad para conducir el calor, y está influenciada principalmente por la porosidad, siendo su rango de variación relativamente estrecho, en los agregados comúnmente son de 1.1 a 2.7 BTU/pie.hr °F” (Huerta, 2013).

d. Difusividad

Representa la “velocidad de producir cambios térmicos dentro de una masa, está expresada como el cociente de dividir la conductividad entre el producto de calor específico por la densidad”(Huerta, 2013).

D. Propiedades químicas

a. Reacción álcali-sílice

La reacción álcali-sílice en concretos “los álcalis en el cemento están constituidos por el óxido de sodio y de potasio, quienes en condiciones de temperatura y humedad distintas podrían reaccionar con ciertos minerales, produciendo un gel expansivo, con álcalis del orden del 0.6%, a temperaturas ambientales de 30 °C, a humedades relativas de 80% y un periodo de 5 años podría evidencie la reacción. Existen pruebas de laboratorio para evaluar estas reacciones mediante las ASTM C227, ASTM C289, ASTM C-295, estas normas proporcionan información para calificar la reactividad del agregado” (Rivva, 2000).

b. Reacción álcali-carbonatos

Los álcali-carbonato se producen “por reacción de los carbonatos presentes en los agregados generando sustancias expansivas, en el Perú no existen evidencias de este tipo de reacción, su evaluación está normalizados en ASTM C-586” (Valarezo M., 2007).

2.2.3.6 Requisitos de los agregados para el concreto

A. Requisitos obligatorios

a. Granulometría

La granulometría es la distribución entre los granos a diferentes proporciones de “los agregados finos y grueso deben de cumplir las normas ASTM C-33 y NTP 400.037, sus gradaciones por la NTP 400.012” (Abanto, 2005).

Tabla 4. Requisitos granulométricos para el agregado grueso

Tamaño Nominal	Porcentajes que pasa por los tamices normalizados												
	4"	3 ½"	3"	2 ½"	2"	1 ½"	1"	¾"	½"	3/8"	N°4	N°8	N°16
90 a 37.5 mm 3 ½" a 1 ½"	100%	90% a 100%		25% a 60%		0% a 15%		0% a 5%					
63 a 37.5 mm 2 ½" a 1 ½"			100%	90% a 100%	35% a 70%	0% a 15%		0% a 5%					
50 a 25 mm 2" a 1"				100%	90% a 100%	35% a 70%	0% a 15%		0% a 5%				
50 a 4.75 mm 2" a N° 4				100%	95% a 100%		35% a 70%		0% a 10%		0% a 5%		
37.5 a 19 mm 1 ½" a ¾"					100%	90% a 100%	20% a 55%	0% a 5%		0% a 5%			
37.5 a 4.75 mm 1 ½" a N° 4					100%	95% a 100%		35% a 70%		10% a 30%	0% a 5%		
25 a 12.5 mm 1" a ½"						100%	90% a 100%	20% a 55%	0% a 10%	0% a 5%			
25 a 9.5 mm 1" a 3/8"						100%	90% a 100%	40% a 85%	10% a 40%	0% a 15%	0% a 5%		
25 a 4.75 mm 1" a N° 4						100%	95% a 100%		25% a 60%		0% a 10%	0% a 5%	
19 a 9.5 mm ¾" a 3/8"							100%	90% a 100%	20% a 55%	0% a 15%	0% a 5%		
19 a 4 mm ¾" a N° 4							100%	90% a 100%		20% a 55%	0% a 10%	0% a 5%	
12.5 a 4.75 mm ½" a N° 4								100%	90% a 100%	40% a 70%	0% a 15%	0% a 5%	
9.5 a 2.36 mm 3/8" a N° 8									100%	85% a 100%	10% a 30%	0% a 10%	0% a 5%

Fuente: Tecnología del concreto: Teoría y Problemas (Abanto, 2005).

b. Sustancias dañinas

Estas sustancias que, no deben exceder máximos porcentaje indicadas en la tabla 5.

Tabla 5. Requisitos máximos de partículas deleznable y materiales finos

Agregados descripción	Fino	Grueso
Partículas deleznable	3%	5%
Material más fino que el tamiz N° 200	5%	1%
Carbón y lignito	0.5 %	0.5%

Fuente: Tecnología del concreto: Teoría y Problemas (Abanto, 2005).

c. Materia orgánica

El agregado fino no debe contener materia orgánica, ésta se determina mediante el ensayo colorimétrico de impurezas orgánicas de carácter cualitativo, de lo contrario podrá ser usado siempre que, la resistencia a compresión medida a los 7 días no es menor de 95% (Neville & Brooks, 2010).

B. Requisitos complementarios

Los agregados a usarse “en concretos de $f'c = 210 \text{ kg/cm}^2$ de resistencia de diseño y mayores, así como en pavimentos deberán cumplir los requisitos obligatorios y los siguientes”(Guzmán, 2009):

a. El índice de espesor

En el caso del agregado grueso natural no debe exceder 50% y de 35% para grava triturada”(Huerta, 2013). Además, “los agregados de forma plana o con dos dimensiones preponderantes, originan concretos difícilmente trabajables

y de baja compacidad. Por eso, la norma establece una relación de límite entre el grosor (G) y el espesor (E), $G/E=1.58$ ” (Rivva, 2000).

b. Resistencia mecánica

La resistencia mecánica del agregado no debe superar los valores establecido por la norma NTP, adjunta en la tabla 6.

Tabla 6. Porcentaje máximo de abrasión e impacto en concretos

Tipo de resistencia mecánica	% Máximo
Abrasión (Método de los Ángeles)	50%
Impacto	30%

Fuente: Tecnología del concreto: Teoría y Problemas (Abanto, 2005).

c. Granulometría del agregado fino

En agregado fino corresponde la gradación “C” de la tabla 7, además podría usar agregados que “no cumpla dicha gradación siempre y cuando existan estudios calificados sobre la satisfacción que aseguren que el material produzca concreto de la calidad requerida”(Cachay, 2014), en caso de usar agregados triturados deben incrementar 15% y más no para pavimentos de alta resistencia.

Tabla 7. Requisitos granulométricos para el agregado fino

Porcentajes de peso que pasa					
Tamiz		Limites totales	C	M	F
9.5 mm	3/8"	100	100	100	100
4.75 mm	Nº 4	89 a 100	95 a 100	89 a 100	89 a 100
2.36 mm	Nº 8	65 a 100	80 a 100	65 a 100	80 a 100
1.38 mm	Nº 16	45 a 100	50 a 85	45 a 100	70 a 100
0.59 mm	Nº 30	25 a 100	25 a 60	25 a 80	55 a 100
0.295 mm	Nº 50	5 a 70	10 a 30	5 a 48	5 a 70
0.148 mm	Nº 100	0 a 12	2 a 10	0 a 12 *	0 a 12

Fuente: Tecnología del concreto: Teoría y Problemas de Abanto (2005).

d. Durabilidad del agregado

Para que logren una buena inalterabilidad, el agregado a utilizar en concreto “sujeto a la acción de las heladas deberá cumplir los requisitos obligatorios y de resistencia a la desintegración, por medio de soluciones saturadas de sulfato de sodio o sulfato de magnesio y la pérdida promedio de masa después de 5 ciclos no deberá exceder de los valores” (Rivva, 2000) de la tabla 8.

Tabla 8. Porcentaje máximo de pérdida de masa (5 ciclos) en agregados

Solución utilizada	Agregado fino	Agregado grueso
Sulfato de sodio	10 %	12 %
Sulfato de magnesio	15 %	18 %

Fuente: Naturaleza y materiales de concreto (Rivva, 2000).

C. Requisitos opcionales

Los agregados utilizados en concreto “permanentemente a la humedad o en contacto con suelos húmedos, no deberá contener sustancias dañinas que reaccionen químicamente con los álcalis del cemento, por cuanto producen expansiones excesivas en el concreto. En caso de estar presente tales sustancias, el agregado puede ser utilizado con cementos que puedan tener menos del 0.60% de álcalis” (Rivva, 2000).

2.2.3.7 El agregado global

El agregado global es el material compuesto por los agregados finos y agregados gruesos que deben cumplir los límites de la tabla 9; además, la NTP 400.037 presenta un apéndice sobre los husos granulométricos considerados óptimos, para las gradaciones de finos y gruesos en el diseño de mezclas, que logren concretos trabajables y compactos (Abanto, 2005).

Tabla 9. Granulometría del agregado global

Tamiz	Porcentaje en peso (masa) que pasa									
	Tamaño Nominal 37.5 mm (1½")			Tamaño Nominal 19.0 mm (¾")			Tamaño Nominal 9.5 mm (3/8")			
75.0 mm	3"									
62.5 mm	2 ½"									
50.0 mm	2"	100								
37.5 mm	1 ½"	95	a	100	100					
25.0 mm	1"									
19.0 mm	¾"	45	a	80	95	a	100			
12.5 mm	½"									
9.5 mm	3/8"									
6.3 mm	¼"									
4.75 mm	N° 4	25	a	50	35	a	55	30	a	65
2.36 mm	N° 8									
1.18 mm	N° 16									
600 μm	N° 30	8	a	30	10	a	35	10	a	30
300 μm	N° 50									
150 μm	N° 100	0	a	8	0	a	8	0	a	8

* Incrementar a 10% para finos de roca Triturada,

Fuente: Abanto Castillo (2005).



A. Ensayos de las propiedades físicas de los agregados

a. Granulometría

El ensayo de la granulometría de los agregados es un ensayo mecánico aplicado y en la combinación de ambos, que permite una muestra representativa separadas por orden de tamaño las partículas usando los tamices normalizados a partir de las partículas mayores a la malla N° 200 para obtener la distribución de las partículas con todos calculados (Polanco, 2012), que será representada en gráfica (curva granulométrica). Su ensayo es obligatorio en los agregados utilizados en la preparación del concreto (Hamze, 2014): Granulometría del agregado fino, grueso y global.

b. Agregado fino

De la desintegración natural o artificialmente de rocas se forman los agregados finos, las que pasa por la malla 3/8" y que queda retenida en la malla N° 200, estas deben estar libre de cantidades perjudiciales de polvo, terrones, partículas escamosas o blandas, esquistos, pizarras, álcalis, materia orgánica, sales u otras sustancias dañinas, según a las recomendaciones de la NTP 400.11 (Rivva, 2000).

B. Ensayos en el agregado fino

Las características físicas del agregado fino se determina mediante ensayos en el laboratorio de mecánica de suelos (Valarezo M., 2007):

a. Peso unitario

El peso aparente del agregado, definida por el volumen unitario (g/cm^3) y varía según la forma del agregado, el tamaño, la granulometría y el

contenido de humedad, así como de factores externos: la compactación y el proporcionamiento por volumen tanto para agregados ligeros como pesados.

b. Peso unitario compactado

Una vez que ejercida presión con la varilla de 5/8” de diámetro dentro de un recipiente normalizado, dando 25 golpes en cada uno de las tres capas y emparejado la superficie con la misma varilla pasando, se determina el peso unitario compactado del agregado, según tabla 10.

Tabla 10. Peso unitario varillado

Molde Nro.	1	2	3
Peso del molde gr.	0	0	0
Peso molde + muestra gr.	4,509	4,513	4,503
Peso de la muestra gr.	5,409	4,513	4,503
Volumen del molde cm ³ .	2,651	2,651	2,651
Peso unitario g/cm ³ .	1.701	1.702	1.699
Peso unitario promedio g/cm ³ .		1.701	
Peso unitario seco g/cm ³ .		1.657	

Peso Unitario Compactado (PUC) = 1.657 g/cm³.

Fuente: Adaptado de libro Naturaleza y materiales de concreto (Rivva, 2000).

c. Peso unitario suelto

Una vez dejar caer los agregados dentro de un recipiente hasta llenar y una vez emparejado la superficie con la varilla de 5/8” de diámetro, se determina el peso unitario suelto del agregado.

Tabla 11. Peso unitario del agregado suelto

Molde Nro.	1	2	3
Peso del molde g.	0	0	0
Peso molde + muestra g.	4,273	4,280	4,277
Peso de la muestra g.	4,273	4,280	4,277
Volumen del molde cm ³ ,	2,651	2,651	2,651
Peso unitario g/cm ³ ,	1.612	1.614	1.613

Peso unitario promedio g/cm ³	1.613
Peso unitario seco g/cm ³ .	1.575

Peso Unitario Suelto (PUS) = 1.575 g/cm³

Fuente: Adaptado de la naturaleza y materiales de concreto (Rivva, 2000).

d. Peso específico

La NTP 400.22, define como propiedad para la dosificación del concreto, el “peso específico de los agregados la expresión del peso de las partículas de agregado relacionado a un volumen igual de agua, sin considerar los vacíos entre ellas y se determina en laboratorio, distinguiéndose tres formas de expresarlo en función de las condiciones de saturación”.

e. Porcentaje de absorción

Según la NPT 400.22, la absorción depende de las características del material como su porosidad principalmente; puesto que el “contenido de humedad en el estado saturado superficialmente seco del material, se expresa como porcentaje del peso”.

Tabla 12. Peso específico y absorción de agregado fina

N°	I.- Datos	1	2	3
1	Peso de la arena SSS+P. del balón + P. del agua	1,443.50	1,443.00	1,445.00
2	Peso de la arena SSS + P. del balón	988.50	988.50	988.50
3	Peso del agua	455.00	454.50	456.50
4	Peso de la arena secada al horno +P. del balón	964.00	966.50	966.00
5	Peso del balón	488.50	488.50	488.50
6	Peso de la arena secada al horno	475.50	478.00	477.50
7	Volumen del balón	665.00	665.00	665.00
8	Peso de la muestra de arena SSS	500.00	500.00	500.00
II.- Resultados				
9	Peso especifica de masa: P.E.M. 6/ (7-3)	2.26	2.27	2.29
	Promedio		2.27	
10	P.E. de masa saturada SSS P.E.M.S.S.S.(8/(7-3))	2.38	2.38	2.40



	Promedio		2.38
11	Peso específico aparente P.E.A. : $6/((7-3)-(8-6))$	2.56	2.54
	Promedio		2.56
12	Porcentaje de absorción: $\%ABS((8-6)/6)$	5.15	4.60
	Promedio		4.82

Fuente: Adaptado del libro Naturaleza y materiales de concreto (Rivva, 2000).

f. Contenido de humedad

La norma ASTM C-566 indica “el contenido de agua del material en el estado natural en un determinado momento, que influye notablemente en la determinación del porcentaje de absorción, que es para efectuar las correcciones del contenido de humedad adecuadas en el diseño de mezcla del concreto.

Tabla 13. Peso de agregado fino

Nro. De Tara	W1	W2	W3
Peso de tara	434.00	434.00	434.00
Peso de tara + muestra húmeda	1,434.00	1,434.00	1,434.00
Peso de tara + muestra	1,418.20	1,418.70	1,416.10
Peso de agua	15.80	15.30	17.90
Peso muestra seca	984.20	984.70	982.10
Contenido de humedad W%	1.61	1.55	1.82
Promedio contenido de humedad W%			1.66

Fuente: Adaptado del texto naturaleza y materiales de concreto (Rivva, 2000).

g. Material que pasa la malla N°200

La NTP 400.018 indica procedimientos para “determinar la cantidad de material más fino que contiene el agregado en forma de revestimientos superficiales o como partículas sueltas, el ensayo es mediante un proceso de sedimentación y tamizado por vía húmeda”. Los valores límites a que no deben de exceder son:

- a) Concretos sujetos a abrasión.....3%

b) Otros concretos.....5%

Tabla 14. Material que pasa la malla de los agregados.

Descripción	1	2	3
Peso de la muestra seca (g)	500.00	500.00	500.00
Peso de la muestra tamizada seca (g)	483.70	490.40	487.20
Material que pasa la malla N° 200	16.20	9.80	12.80
Material que pasa en (%)	3.23	1.93	2.59
Promedio en (%)			2.58

h. Granulometría NTP 400.012

Es la representación numérica de la distribución volumétrica de las partículas por tamaños de partículas de una manera indirecta tamizando por mallas de aberturas estandarizadas. El material retenido en cada tamiz se pesa y se expresa en porcentajes respecto al peso total (Tabla 15).

Tabla 15. Distribución granulométrica de agregado fino

Tamices	Abertura	Peso	%Retenido	%Retenido	% Que
ASTM	mm	retenido	parcial	acumulado	pasa
¼"	0.006	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	0.005	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	0.002	98.37	21.08	21.08	78.92
N°16	0.001	96.70	20.72	41.81	58.19
N°30	0.001	117.27	25.13	66.94	33.06
N°50	0.000	80.37	17.22	84.16	15.84
N°100	0.000	50.20	10.76	94.92	5.08
N°200	0.000	23.70	5.08	100.00	0.00
Base total		466.61	100.00		

Fuente: Adaptado del texto Naturaleza y materiales de concreto (Rivva, 2000).

Tabla 16. Módulo de fineza de los agregados

Tamices	Abertura	Peso	% Retenido	% Retenido	% Que
ASTM	mm	retenido	parcial	acumulado	Pasa
1/4"	0.006	0.00	0.00	0.00	100.00
N°4	0.005	0.00	0.00	0.00	100.00
N°8	0.002	98.38	21.08	21.08	78.92
N°16	0.001	96.71	20.72	41.81	58.19
N°30	0.001	117.26	25.13	66.94	33.06
N°50	0.000	80.38	17.22	84.16	15.84
N°100	0.000	50.21	10.76	94.92	5.08
N°200	0.000	23.69	5.08	100.00	0.00
Base total		466.63	100.00		

Fuente: Adaptado del libro Naturaleza y materiales de concreto (Rivva, 2000).

$$\begin{aligned} \text{Módulo de Finura} &= \frac{21.08\% + 41.81\% + 66.94\% + 84.16\% + 94.92\%}{100\%} = \frac{308.91}{100} \\ &= 3.09 \end{aligned}$$

Según la clasificación el valor 3.09 corresponde a arena gruesa la muestra.

2.2.3.8 Agregado grueso

Se considera a los agregados producto de la trituración o natural (hormigón extraída del río) que queda retenido en el tamiz N°4 (4.76 mm), que cumplan los límites establecidos por la norma ASTM o NTP (Rivva, 2000).

A. Ensayos en el agregado grueso

a. Peso unitario

La NTP 400.017 brinda lineamientos “para determinar el peso unitario en sus dos variantes, suelto y compactado para los agregados fino y grueso, la diferencia está en la cantidad de la muestra. En el presente estudio el agregado tiene tamaño nominal máximo (TN Max) 1½” utilizando un recipiente de ½



pie cúbico, esta capacidad está en función al tamaño nominal máximo del agregado”.

b. Peso unitario compactado

Tabla 17. Peso unitario compactado de los agregados gruesos

<i>Molde número</i>	1	2	3
Peso del molde g.	0	0	0
Peso molde + muestra g.	3,933	3,937	3,941
Peso de la muestra g.	3,933	3,937	3,941
Volumen del molde cm ³ ,	2,651	2,651	2,651
Peso unitario g/cm ³ ,	1.484	1.485	1.487
Peso unitario promedio g/cm ³ ,		1.485	
Peso unitario seco g/cm ³ .		1.207	

Peso Unitario Suelto (PUS) = 1.207 g/cm³.

Fuente: Adaptado del libro Naturaleza y materiales de concreto (Rivva, 2000)

c. Peso unitario suelto

Tabla 18. Peso unitario compactado de los agregados gruesos

Molde Nro.	1	2	3
Peso del molde g.	0	0	0
Peso molde + muestra g.	4,277	4,272	4,275
Peso de la muestra g.	4,277	4,272	4,275
Volumen del molde cm ³ ,	2,651	2,651	2,651
Peso unitario g/cm ³ ,	1.613	1.611	1.613
Peso unitario promedio g/cm ³ ,		1.612	
Peso unitario seco g/cm ³ .		1.367	

Peso Unitario Compactado (PUC) = 1.367 g/cm³.

Fuente: Adaptado del libro Naturaleza y materiales de concreto (Rivva, 2000)

d. Peso específico

El peso específico según la NTP 400.021, “es la relación del peso del agregado grueso entre su volumen, sin considerar los vacíos existentes entre las partículas. Esta propiedad tiene influencia en la calidad del concreto en su resistencia y la durabilidad; el valor alto presenta un buen comportamiento y un valor bajo tiene alta capacidad absorber y débiles”.

e. Porcentaje de absorción NTP 400.012

La NTP 400.012 define “la cantidad de agua absorbida por el agregado después de ser sumergido 24 horas” en agua (% del peso), en la tabla 19 presentan resultados promedio obtenidos de tres ensayos:

Tabla 19. Peso específico y absorción de agregado grueso

I.- Datos	1	2	3
1 Peso de la muestra secada al horno	2,763.00	2,122.00	2,654.00
2 Peso de la muestra saturada SSS	2,837.00	2,191.00	2,730.00
3 Peso de la muestra sumergida	1,657.00	1,291.00	1,590.00
II.- Resultados			
1 Peso específica de masa: P.E.M. $1/(2-3)$	2.34	2.36	2.33
Promedio			2.34
P.E. de masa saturada SSS			
2 P.E.M.S.S.S. $(2/(2-3))$	2.40	2.43	2.39
Promedio			2.41
3 Peso específico aparente P.E.A.: $1/(1-3)$	2.50	2.55	2.49
Promedio			2.52
4 Porcentaje de absorción: $\% \text{Abs}((2-1)/1)*100$	2.68	3.25	2.86
Promedio			2.93

Fuente: Adaptado de Rivva (2000).

f. Contenido de humedad

El contenido de humedad según la Norma ASTM-566, es “la cantidad de agua que posee el agregado en el estado natural en un instante. Influye considerablemente en el cálculo de humedad del agregado en un tiempo relativamente corto, en particular en hormigones muy húmedos de río, por lo que se recomienda medir momentos antes de la fabricación del concreto para hacer las correcciones respectivas”.



Tabla 20. Contenido de humedad del agregado grueso

Nro. de tara	W1	W2	W3
Peso de tara	420.50	420.50	420.50
Peso de tara + muestra húmeda	1,920.50	1,920.50	1920.50
Peso de tara + muestra seca	1,914.60	1,914.10	1914.70
Peso de agua	5.90	6.40	5.80
Peso muestra seca	1,494.10	1,493.60	1494.20
Contenido de humedad W%	0.39	0.43	0.39
Promedio contenido de humedad W%			0.40

Fuente: Adaptado de Rivva (2000).

g. Granulometría de los agregados

La gradación de los granos se encuentra entre los límites que señala la NTP 400.012 utilizando los tamices estándar establecidos. La granulometría “influye directamente en varias propiedades del concreto fresco, así como en algunas del concreto endurecido, por lo que, es un parámetro importante para los métodos de diseño de mezclas”.

Tabla 21. Análisis granulométrico de los agregados

Tamices ASTM	Abertura mm	Peso retenido	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	0.05	0.00	0.00	0.00	100.00
1½"	0.04	184.78	2.88	2.88	97.12
1"	0.03	689.78	10.77	13.65	86.35
¾"	0.012	750.58	11.72	25.37	74.63
½"	0.01	1379.23	21.53	46.90	53.10
3/8"	0.01	1193.30	18.63	65.52	34.48
¼"	0.01	1399.18	21.84	87.37	12.63
Nº 4	0.01	809.42	12.63	100.00	0.00
Base total		6,946.78	100.00		

Fuente: Adaptado de Rivva (2000).

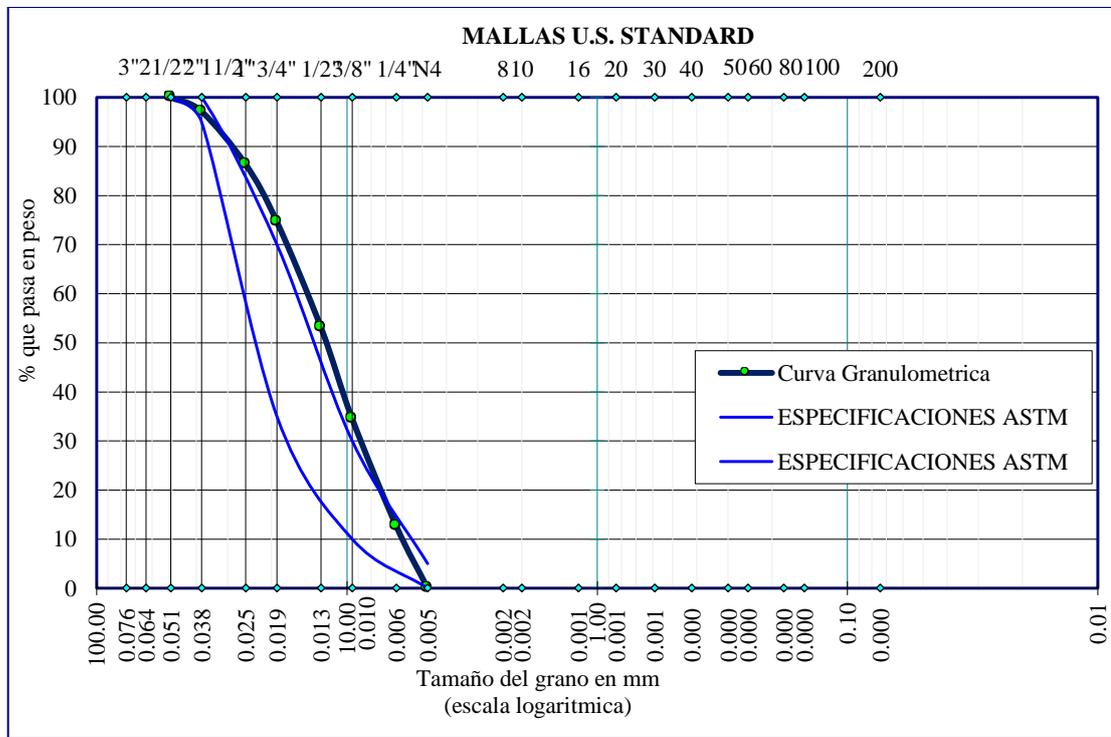


Figura 3. Curva granulométrica de los agregados de estudio.

Fuente: Información de la tabla 21.



h. Tamaño máximo del agregado

Toda la muestra del agregado detiene en la abertura de la malla más pequeña, desde del análisis granulométrico del agregado grueso: $T \text{ Máx} = 2''$.

i. Tamaño nominal máximo

Es el primer retenido que se produce o que pasa del 95%-100% del agregado, en función a la abertura de la malla más pequeña, que sirve para diseño de mezcla mediante el método ACI. Se obtiene el Tamaño Máximo ($T_n \text{ Max}$) del tamiz superior en el que se retiene igual o mayor al 15% del material retenido acumulado. Por definición se obtiene: $T_n. \text{Max.} = 1\frac{1}{2}''$.

j. Módulo de finura

El módulo de finura se obtiene de la tabla 21:

$$M. F. = \frac{2.88\% + 25.37\% + 65.52\% + 100\% + 100\% + 100\% + 100\% + 100\% + 100\%}{100\%}$$

$$M. F. = 6.93$$

2.2.4 Agua utilizada

El agua apta para la construcción y uso en el concreto y su curado debe ser potable, pero pueden ser usadas las no potables, siempre que cumplan con algunos de los requisitos, por lo que es necesario tener conocimiento al detalle ya que fuera de las ciudades no siempre hay agua potable, y es importante conocer la calidad de agua a usar para definir las propiedades del concreto tanto en estado fresco como endurecido.

2.2.4.1 Requisitos de calidad

El agua a ser empleada en la preparación del concreto deberá cumplir con los requisitos de la Norma NTP 339.088 y ser, de preferencia potable. No existen criterios uniformes en cuanto a los límites permisibles para las sales y sustancias presentes en agua a emplearse. La NTP 339.088 considera aptas para la preparación y curado del concreto, aquellas aguas cuyas propiedades y contenidos de sustancias disueltas según la tabla 22:

Tabla 22. Límites permisibles para el agua de mezcla y curado según la norma NTP 339.088

Descripción	Límite permisible
Sólidos en suspensión	5,000 ppm máximo
Materia orgánica	3 ppm máximo
Alcalinidad (NaHCO ₃)	1,000 ppm máximo
Sulfatos (ión SO ₄)	600 ppm máximo
Cloruros (ión Cl)	1,000 ppm máximo
pH	5 a 8 unidades máximo

Fuente: Naturaleza y materiales de concreto (Rivva, 2000).

Recomendaciones adicionales:

Las recomendaciones adicionales según Rivva (2000):

- Si la variación de color es un requisito que se desea controlar, el contenido máximo de fierro, expresado en ión férrico, será de 1 ppm.
- El agua deberá estar libre de azúcares o sus derivados, así como de sales de potasio o de sodio.
- Si se utiliza agua no potable, debe realizarse el análisis de laboratorio, con aprobación de la supervisión, sobre la calidad de agua.



- La selección de las proporciones de la mezcla de concreto estará en función a la fuente de agua definida para la preparación del concreto.

2.2.4.2 Efectos de las sustancias disueltas:

Los efectos de las sustancias disueltas en el concreto según Pasquel (1998):

- El efecto de las sustancias orgánicas de las aguas naturales pueda afectar el tiempo de fraguado o en la resistencia última del concreto.
- Se puede tolerar de hasta 2,000 ppm de arcilla en suspensión o de partículas finas de roca aproximadamente en el agua. Cantidades mayores podría influir sobre otras propiedades del concreto, aunque no podría afectar a la resistencia.
- Una cantidad de 0.03% a 0.15% del peso del cemento de sacarosa, habitualmente retarda el fraguado del concreto. El azúcar en cantidades de 0.25% o más del peso del cemento puede provocar un fraguado rápido y una reducción sustancial de la resistencia a los 28 días. Cada tipo de azúcar afecta al tiempo de fraguado y a la resistencia de manera distinta.

2.2.4.3 Requisitos del comité 318 del ACI.

De su texto se Pasquel (1998), se extrae los requisitos para uso del agua en concreto:

- El agua empleada en la elaboración del concreto deberá estar limpia y libre de cantidades peligrosas de aceites, álcalis, ácidos, sales, materia orgánica, u otras sustancias peligrosas para el concreto o el acero de refuerzo.
- El agua empleada en la elaboración del concreto premezclado o concreto normal que deberá contener elementos de aluminio embebidos, incluida la



porción del agua de que es contribuida en forma de agua libre sobre el agregado, no deberá contener cantidades peligrosas de ión cloruro.

- No deberá emplearse en concreto agua no potable, salvo que las condiciones sean satisfechas, mediante un análisis de laboratorio.
- La selección de las proporciones del concreto deberá basarse en mezclas de concreto en las que se ha empleado agua de la misma fuente.

2.2.4.4 Efectos de las impurezas en el agua.

Los efectos de las impurezas en el agua que puedan alterar la calidad de concreto, Pasquel (1998):

- a. El carbonato de sodio;** puede causar fraguados muy rápidos, en tanto que lo bicarbonatos pueden acelerar o retardar el fraguado. En concentraciones fuertes estas sales pueden reducir de manera significativa la resistencia del concreto. Cuando la suma de las sales disueltas exceda 1,000 ppm, se deberán realizar pruebas para analizar su efecto sobre el tiempo de fraguado y sobre la resistencia a los 28 días.
- b. Cloruros;** la inquietud respecto a un elevado contenido de cloruros en el agua de mezclado, se debe principalmente al posible efecto adverso que lo iones de cloruro pudieran tener en la corrosión del acero de refuerzo, o de los torones del preesfuerzo.

Además, según Pasquel (1998), “los iones cloruro atacan la capa de óxido protectora formada en el acero por el medio químico altamente alcalino (pH 12.5) presente en el concreto. Los cloruros se pueden introducirse en el concreto, con los agregados, aditivos, cemento y agua o a través de la exposición a las sales anticongelantes, al agua de mar, o al aire cargado de sales cerca de las



costas. El agua que se utilice en concreto pre esforzado o en un concreto que vaya a tener embebido aluminio no deberá contener cantidades nocivas de ion cloruro”.

2.2.4.5 Muestreo

Las aguas para elaborar concreto deben estar dentro de la Norma **NTP 339.070** ó **ASTM D 75**, las muestras deben ser como mínimo 5 litros según las normas vigentes. Tal como presenta Pasquel (1998):

- a. En las especificaciones de la obra (Expediente técnico) se indicará la frecuencia de muestreo caso contrario es la Supervisión quien determinará la frecuencia de la toma de muestras.
- b. Las muestras remitidas al laboratorio serán representativas del agua tal como será empleada. Una sola muestra de agua puede no ser representativa si existen variaciones de composición en función del tiempo como consecuencia de las variaciones climáticas u otros motivos.
- c. Si se duda de la representatividad de la muestra, se deberán tomar muestras periódicas a distintas edades y días o, a la misma hora en distintos lugares, igualmente cuando se presume que haya variado la composición del agua.

2.2.4.6 Ensayos

Los ensayos de agua deben estar dentro de la Norma **NTP 339.088**, tal como indica Pasquel (1998):

- a. Las fuentes de suministro sean susceptibles de experimentar variaciones apreciables entre la estación seca y la húmeda.
- b. Exista la posibilidad que el agua de la fuente de abastecimiento pueda haber



sido contaminada con un volumen excesivo de materiales en suspensión debido a una crecida anormal.

- c. El flujo de agua disminuya al punto que la concentración de sales o materia orgánica en el agua pueda ser excesiva.

2.2.4.7 Normas técnicas peruanas para el agua del concreto

El uso de las aguas para la elaboración del concreto y su análisis deben tener las siguientes Normas, como detalla Pasquel (1998):

NTP 339.070: Toma de muestras de agua para la preparación y curado de morteros y concretos de cemento Portland.

NTP 339.071: Ensayo para determinar el residuo sólido y el contenido de materia orgánica de las aguas.

NTP 339.072: Método de ensayo para determinar por oxidabilidad el contenido de materia orgánica de las aguas.

NTP 339.073: Método de ensayo para determinar el pH de las aguas.

NTP 339.074: Método de ensayo para determinar el contenido de sulfatos de las aguas.

NTP 339.075: Método de ensayo para determinar el contenido de hierro de las aguas.

NTP 339.076: Método de ensayo para determinar el contenido de cloruros de las aguas.



2.2.5 Estudio teórico del método de agregado global

No hay muchas teorías sobre el estudio teórico del método de compuesto de agregado grueso y fino principalmente de origen natural que cumplan con las especificaciones técnicas. Por la disponibilidad de los materiales en los ríos afluentes al lago Titicaca, es necesario estudiar su granulometría total de agregados compuestos; relacionando directamente con la capacidad final de la cual dependen muchas de sus virtudes, en especial la resistencia mecánica, durabilidad, estabilidad de volumen e impermeabilidad.

Para Pasquel (1998), inicialmente D`Henry Le Chatelier (1850 – 1936) y luego Vicat y Feret, fueron los precursores en la búsqueda de una composición granulométrica óptima para cada tipo de concreto.

Los conceptos extraídos del “Prontuario del Hormigón” del Alfredo Hummel (1966):

“El concreto de distinta composición granulométrica requieren dosis de agua muy distinta para obtener iguales o parecidas consistencias en el concreto fresco y con un mismo grado de trabajabilidad”.

“Las granulometrías discontinuas quitan trabajabilidad a las mezclas y a medida que la discontinuidad aumenta por ausencia de determinadas fracciones granulométricas, también disminuye la trabajabilidad y la dificultad para amasar las mezclas”.

“Para una misma energía de compactación, la influencia de la composición granulométrica es mayor, cuanto menor es la cantidad de cemento y la fluidez de la mezcla”.



“Las fracciones de polvo muy fino de los agregados son devoradores de cemento, ya que se debe emplear mucho más cemento para recubrir su enorme superficie específica”.

Consideramos estas cuatro expresiones como básicas en la búsqueda de una granulometría que pueda resultar la óptima.

En los Estados Unidos de América, Fuller y Thompson (1917) “proponen una curva granulométrica continua y basan en ella un método de dosificación científica de concretos que la bibliografía registra como ‘método de Fuller’. Fuller sustentaba la tesis de que “la calidad de un concreto no depende solamente de la cantidad de cemento que se coloque en la mezcla, sino que, usando agregados con una curva granulométrica más adecuada pueden mejorarse la resistencia mecánica y otras características que hacen mejor el concreto”.

Además, en Suiza, Bolomey (1925) propuso una curva granulométrica continua con adición de cemento. En la misma época Caquot (1925), en Francia, encontró una solución matemática para la composición granulométrica de los concretos.

Hoy en día se hace más fácil, “utilizando las curvas granulométricas de referencia ya normalizadas para los distintos tamaños máximos (o nominales) del agregado grueso, en el marco de la norma DIN 1045 como curvas límites para el agregado total de tamaños nominales 8 mm, 16 mm, 31.5 mm y 63 mm” (Pasquel, 1998):

2.2.5.1 Descripción del método

El propósito del diseño de mezclas es escoger la proporción más adecuada y económica de cada uno de los materiales disponibles para producir



un concreto en el estado endurecido, de calidad requerida, y especificada en términos de esfuerzo de compresión y durabilidad, y en el estado plástico en términos de su trabajabilidad y cohesión, sin embargo, hay una tendencia de cambiar las especificaciones (Pasquel, 1998).

El diseño de la mezcla es de responsabilidad de profesionales del área, en función a la disponibilidad de agregado y otros insumos, buscando el ahorro en el costo del concreto, por eso es importante dicho diseño y su control de calidad (Rivva, 2000).

2.2.5.2 Límites del módulo de finura

Las curvas granulométricas establecidas por la norma definen la granulometría del agregado global a usar, y estas curvas granulométricas tiene su propio módulo de finura cada una, entonces se generan límites entre los módulos de finura, definiendo así la heterogeneidad del agregado que determine la segregación del concreto, buscando una mezcla lo más homogéneo posible, en función a los límites de la zona de referencia con un control adecuado se conserve una composición granulométrica apropiada (Pasquel, 1998).

2.2.5.3 Concreto con agregado global.

Las propiedades del agregado, cemento y contenido de agua definen los efectos en la resistencia y durabilidad del concreto, y su granulometría, el tamaño máximo de los agregados y contenido de cemento en la trabajabilidad del concreto, pero no mucho en su resistencia, por lo que hay que buscar conservar constante la relación agua/cemento (Pasquel, 1998).



2.2.5.4 Diseño y dosificación

Es la dosificación de la proporción de los componentes del concreto para lograr un concreto que debe cumplir en el estado fresco y endurecido. Los principales aspectos a tomar en cuenta según indica Pasquel (1998):

- Los concretos de distinta composición granulométría requieren dosis de agua muy distinta para obtener iguales o parecidas consistencias en el concreto fresco y con un mismo grado de trabajabilidad.
- Las granulometrías discontinuas quitan trabajabilidad a las mezclas y a medida que la discontinuidad aumenta por ausencia de determinadas fracciones granulométricas, también disminuye la trabajabilidad y la dificultad para amasar las mezclas.
- Para una misma energía de compactación, la influencia de la composición granulométrica es mayor, cuando menor es la cantidad de cemento y fluidez de la mezcla.
- Las fracciones de polvo muy fino de los agregados son devoradores de cemento, ya que se debe emplear mucho más cemento para cubrir su enorme superficie específica.

2.2.6 Coberturas orgánicas

2.2.6.1 Chilligua

El Chilligua o ichu cuenta con una buena conductividad térmica, lo que permite retener el calor en un ambiente y actuar como aislante térmico. “Este proyecto busca mitigar los efectos temperatura extremas mínimas (heladas) en viviendas de escasos recursos en zonas altoandinas de nuestro país. Nuestros



estudiantes generan soluciones con conciencia social, buscamos que ellos realicen proyectos que agrupan ingeniería, tecnología, innovación y mucho trabajo en equipo. Con el asesoramiento de investigadores y profesores, generan soluciones reales a problemas reales” (UTECH y MIN, 2013).

Con el propósito de disminuir el efecto de las condiciones climáticas adversas en las regiones alto-andinas, un grupo de estudiantes de UTECH y del MIT, bajo la supervisión de profesores de ambas instituciones, evaluaron y caracterizaron en el laboratorio según las normas ASTM las propiedades térmicas y físicas de fibras naturales como el ichu, obteniéndose resultados muy prometedores como que el ichu permite conservar el calor y funcionar como aislante térmico.

La paja se ha usado siempre como material de construcción. A principios de 1900, campesinos norteamericanos la emplearon en las paredes de sus viviendas. Ahora, las pacas de paja son un material favorito para quienes quieren una vivienda con alto aislamiento, uso de energía eficiente y construida con materiales favorables al medio ambiente. Las viviendas construidas con pacas de paja son durables, calientes en el invierno y frescas durante el verano, resistentes al fuego, y son cómodas (Laura, 2011).

2.2.6.2 Estiércol

Tanto el estiércol como los purines son una mezcla de las heces de los animales con los orines y la cama. El estiércol es aquel material que puede ser manejado y almacenado como sólido, mientras que los purines lo son como líquidos. El estiércol además de contener heces y orines puede estar compuesto por otros muchos elementos, como son las camas, generalmente paja, pero también a veces contiene serrín, virutas de madera, papel de periódico o



productos químicos, también suele incluir restos de los alimentos del ganado, así como agua procedente de los bebederos, de la limpieza de los establos o de lluvia, y todo tipo de materiales que puedan entrar en un establo (Iglesias, 1995).

2.2.6.3 Totora

Es una planta nativa representativa del lago Titicaca donde los pobladores usan para sus diferentes actividades desde las antiguas civilizaciones prehispánicas fabricaban embarcaciones y construyeron viviendas, puentes colgantes, entre otras. Este material tiene una conductividad térmica y su capacidad almacenar el calor, por lo que es importante y recomendable su aplicación en la construcción de viviendas por sus grandes bondades, asimismo como material cobertor de concreto fresco, por sus bondades aislantes (Valdiviezo, 2010).

2.2.6.4 Arbusto

Su flora se caracteriza en el altiplano peruano, principalmente en la zona del distrito de Santa Rosa de la provincia de El Collao de la región de Puno, por presentar formaciones de estepas herbáceas, en su mayor parte, donde dominan gramíneas xerófilas y dicotiledóneas rastreras o en cojín, estas herbáceas tienen propiedades de transferir calor almacenados durante las horas del sol y liberar durante los descensos de temperatura principalmente durante las horas de la noche (Valdiviezo, 2010).

2.2.6.5 Tierra

La tierra como material de construcción se conoce de distinta denominación y ya preparado se conoce desde barro formado por arcilla, limo y arena muy fina hasta se puede llegar elaborar bloques de tierra compuestos por gravas, arena y gravilla, bloques de tierra arcillosa, los bloques de suelo o comprimidos moldeados (adobe) y cocido (ladrillo), es un material de construcción con técnica tradicional, económica, accesible, y versátil, este material en estado seco tiene buena capacidad de almacenamiento de calor, que pueda servir como material protector para concreto fresco en la etapa de desarrollo (Calla, 2007).

2.2.7. Retracción del concreto

Las causas más frecuentes de cambios volumétricos son el agrietamiento por contracción o retracción plástica mostrando fisuración (figura 4), podría ser por frecuencia contracción o retracción de fragua, comúnmente, es la formación de grietas superficiales que se producen cuando la velocidad de evaporación es mayor que la exudación (Pasquel, 1998).



Figura 4. Agrietamiento del concreto por retracción plástica

Fuente: Zulers Perú (2012).



La contracción plástica se produce en un concreto fresco bajo condiciones, si incrementa la evaporación del agua en la superficie entonces aumenta la posibilidad de agrietarse por contracción plástica, solas o de manera colectiva (Pasquel, 1998):

- Temperatura elevada del aire
- Humedad relativa baja
- Vientos fuertes.
- Temperatura elevada del concreto

Estos efectos no hay forma de predecir con certeza, pero las medidas recomendadas para evitar el agrietamiento por contracción plástica en la elaboración del concreto fresco, endurecido y su curado son (Pasquel, 1998):

- Humedecer, los agregados a utilizar para la elaboración del concreto que estén secos y sean absorbentes, se concluye que los agregados más densos y con baja absorción producen concretos con menor retracción.
- Humedecer la subrasante y los encofrados (Al humedecer la subrasante se disminuye la posibilidad de agrietamientos por contracción plástica, pero se aumenta la posibilidad de alabeo en losas).
- Levantar rompevientos provisionales para reducir la velocidad del viento en la superficie del concreto.
- Mantener baja la temperatura de los rayos del sol para reducir la temperatura en la superficie del concreto.
- Mantener baja la temperatura del concreto fresco por medio del enfriamiento de los agregados y del agua de mezclado.
- Inmediatamente después de la nivelación se puede aplicar con rocío algún retardante de evaporación, comúnmente polímeros, para retrasar la



evaporación del agua antes de comenzar con las operaciones de acabado final y de curado.

- Reducir el periodo entre la colocación y el inicio del curado eliminando los retrasos durante la construcción.
- Proteger el concreto inmediatamente después del acabado final para minimizar la evaporación. (Uso de atomizadores de humedad, reductores de evaporación y aditivos curadores).



CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

La presente investigación se llevó a cabo en el distrito de Santa Rosa, provincia de El Collao, región de Puno, en una zona con características climáticas frío-seco, ubicada sobre los 4100 m.s.n.m., es uno de los más fríos del Perú junto al distrito de Capazo, con temperaturas que registran bajo cero y con presencia de fuertes vientos frecuentemente.

Además, se aprovecharon los materiales que se encuentran como cobertores, los datos fueron generados in situ, durante los primeros días del desarrollo de concreto fresco en las condiciones del altiplano peruano durante los periodos del descenso de temperaturas mínimas extremas.

3.1 TIPO Y DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

Es una investigación tipo aplicada, donde se usaron diferentes cobertores naturales propios de la zona en las noches a los concretos frescos por 28 días, donde las variables climáticas no controlan los investigadores. En el desarrollo de la presente investigación no se modifica el fenómeno objeto de estudio sólo aplican los diferentes cobertores a los concretos vacados durante los primeros 28 días, mientras que, las informaciones meteorológicas no se manipulan, simplemente se trabaja con los datos registrados in situ.

El nivel de investigación es una correlacional, porque determina correlación entre las variables del estudio (Ñaupas et al., 2018), tal sentido en esta investigación se realizaron tratamientos estadísticos con fin concretar cada uno de los objetivos.

3.2 ÁMBITO DE ESTUDIO

3.2.1 Ubicación

3.2.1.1 Ubicación geográfica

El distrito de Santa Rosa de la provincia de El Collao, región Puno se localiza en la sierra sudeste del país, en la meseta del Collao a: $16^{\circ}44'33''$ latitud sur $69^{\circ}42'58''$ longitud oeste, y $16^{\circ}44'40''$ latitud sur y los $69^{\circ}42'50''$ del meridiano de Greenwich, sobre los 4200 a 5500 msnm (Figura 5).



Figura 5. Ubicación del ámbito de estudio.

Fuente: Adaptado de <https://es.wikipedia.org/wiki/Mazocruz>



3.2.2 Características físicas

3.2.2.1 Hidrografía.

La región altiplánica muestra una amplia red fluvial, que conforma la cuenca endorreica el Titicaca, que no tiene salida al océano y cuyo caudal de sus cauces proviene de las precipitaciones pluviales, siendo tres los más grandes: Ramis, Coata e Ilave, éste último se forma por la desembocadura de los ríos Huenque y río Grande, estos se originan en la cordillera sur (INEI, 2002).

3.2.2.2 Clima

El clima de la región altiplánica del Titicaca es frío y seco propio de la región altoandina, con temperatura promedio de 10°C, con una máxima de 18°C y una mínima de menos 2°C promedio; sin embargo, hay lugares como Capazo, Mazocruz y otros, donde las temperaturas descienden hasta -27.8 °C (SENAMHI, 2018). La menor cantidad de lluvia ocurre en junio con un promedio de 3 mm y la mayor parte de la precipitación se presenta en enero y febrero (150 mm en promedio) (Belizario, 2021).

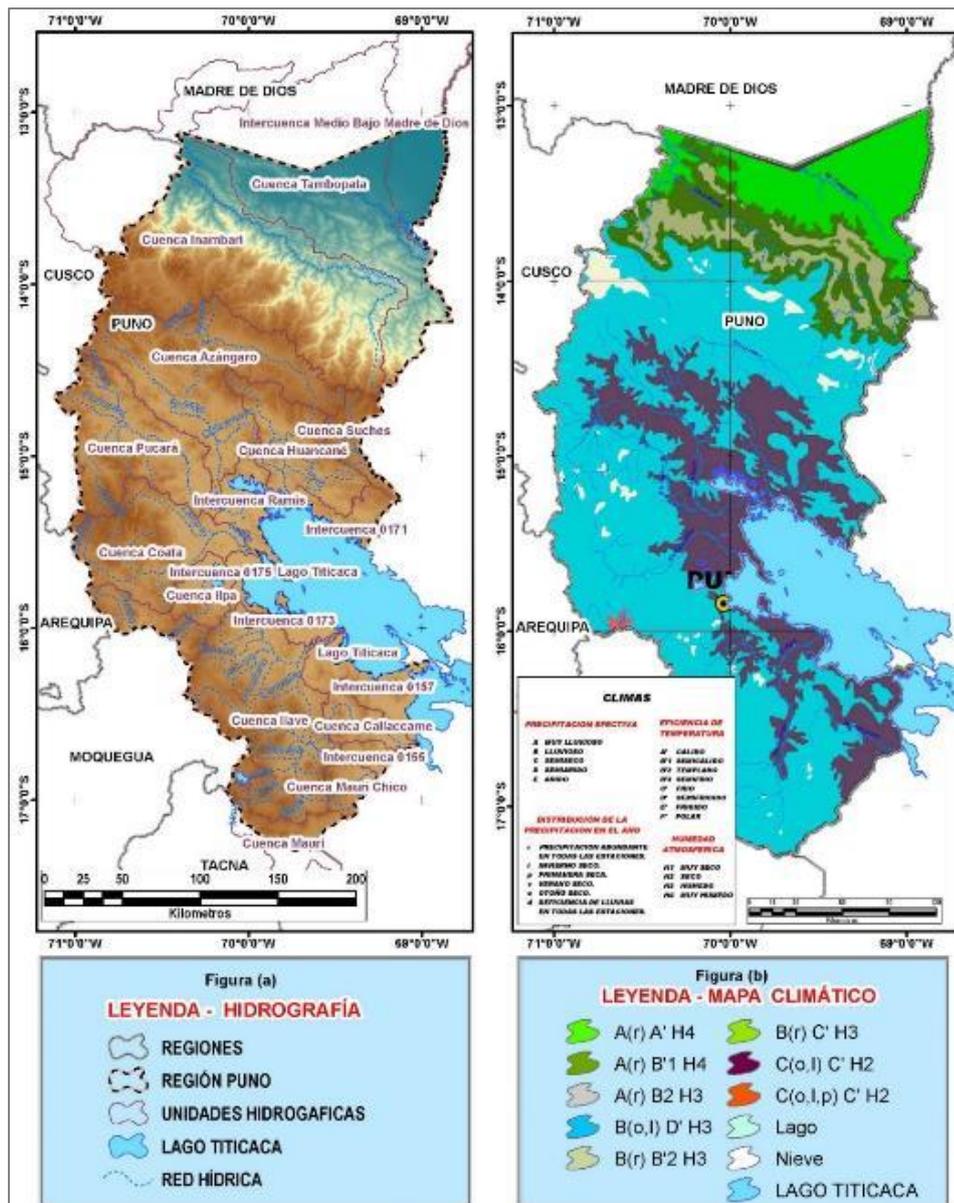


Figura 6. Características climáticas de la región altiplánica.

Fuente: Elaboración propia, (2021) en base a la información SENAMHI (2018).

3.3 MATERIALES

3.3.1 Para la elaboración del concreto

Para el presente trabajo se realizó el diseño de mezcla concreto mediante el método del agregado global donde se ha determinado la dosificación óptima de cemento, agregados grueso y fino, agua; una vez realizado el diseño de mezcla



se preparó el concreto usando una mezcladora de concreto. Esta mezcla se ha vaciado en moldes para losas de 0.50x0.50x0.15 m y testigo en cilindros estándar (briquetas) el 19 de julio del 2021, tres losas y tres briquetas para cada uno de los cobertores naturales y tres sin cobertores, para ensayo a los 7, 14 y 28 días, un total de 18 losas y 18 briquetas.

El proceso del curado del concreto se realiza durante los primeros 28 días, en las condiciones propias del altiplano peruano, donde las variables climáticas como es el caso de las temperaturas mínimas extremas, durante las noches se aplicó mantos protectores naturales de la zona altiplánica de un espesor de 10 cm sobre los testigos de losas y cilindros, luego se realizó los ensayos de resistencia a compresión simple a los 12, 15 y 29 días y el ensayo a la resistencia superficial del concreto con esclerómetro es a los 28 días de desarrollo.

3.3.2 Equipos y software

Para el desarrollo esta investigación se usó de los equipos y softwares siguientes; entre los equipos se usó: mezcladura de concreto, briquetera, presa hidráulica, cono de Abrams, esclerómetro, y entre materiales de oficina que se usadas fueron disco duro 2 TB, USB 32 Gb, material de escritorio, equipos de cómputo, impresora; agua de curado, protectores naturales como chilligua, totora, arbusto, estiércol de ganado, tierra seca y software estadístico SPSS.

3.4 METODOLOGÍA

Se usó la metodología para cumplir cada uno de los objetivos propuestos, se describen:



El tamaño de la muestra se definió por conveniencia, considerando las características climáticas y fisiográficas de la zona de estudio y el uso del concreto en la ejecución de la obra. La muestra para cada cobertor y sin cobertor fueron tres losas y tres cilindros, en un total de 18 losas y 18 cilindros de concreto.

Variables de la investigación. Se detallan:

Variables independientes (X): Manto protector de chilligua, totora, arbustos, tierra seca, estiércol y sin protector.

Variable dependiente (Y): Resistencia a la compresión simple del concreto.

Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

Para la obtención de datos se utilizó las siguientes técnicas:

Observación directa: Se obtuvo la información mediante la percepción intencionada e interpretativa.

Revisión documental: Se recopiló información de las investigaciones entre tesis, libros, artículos científicos con el fin de llevar el estudio a efectos de determinar el comportamiento de la resistencia a la compresión simple del concreto y su influencia de los cobertores naturales de la zona de estudio en las condiciones del altiplano.

Procesamiento de datos: La información recopilada durante la investigación y su procesamiento de los datos se realizó de acuerdo a los objetivos planteados, análisis de varianza usando métodos estadísticos.



Descripción detallada de métodos por objetivos específicos

Factores que influyen en el fraguado del concreto en épocas de heladas

Se estudió el desarrollo del concreto fresco, sus propiedades, las condiciones y requerimientos según la normativa vigente, en base a una revisión bibliográfica exhaustiva. Se estudió la fundamentación teórica de proceso de elaboración de concreto según las recomendaciones de las experiencias, para estas condiciones. Que permitió realizar un adecuado diseño de mezcla.

Se realizó un diseño de mezclas, mediante un método de diseño seleccionado para determinar las proporciones de los componentes de la mezcla en base al criterio teórico experimental en función a las características físico mecánicas de los agregados, cemento y de las características plásticas y las resistencias mecánicas del concreto requerido, condiciones a las que estará expuesto la obra (el comportamiento de las variables climáticas como temperatura, humedad relativa fue medidas con data looger durante el periodo de monitorio), del tipo de curado que se realizó durante el desarrollo del concreto, y principalmente el tipo de cubierta que se utilizó, con la finalidad lograr las resistencias del concreto según los diseños de mezcla especificados y en las condiciones de obra según las cubiertas naturales que se utilizó.

El estudio se basó en lograr una resistencia requerida y durabilidad en función a la relación agua/cemento, con revenimiento de 3" a 4", que permita una adecuada trabajabilidad y en su estado endurecido tenga una resistencia a la compresión del concreto buena, usando agregado compuesto de origen natural que cumplen con las especificaciones técnicas, en base una granulometría del total de agregado.



Se preparó las mezclas según las proporciones obtenidas en el diseño de mezclas, se tomó muestras en moldes metálicas en forma de cilindro de 15 cm diámetro y 30 cm de altura, un total de tres para cada tipo ensayo que permitan determinar la resistencia a la compresión del concreto y losas de 0.50x0.50x0.15 en metros para determinar la resistencia superficial.

Con relación de a/c; primeramente, se vació probetas con las proporciones de agregados determinadas en el diseño de mezcla.

Se realizó la protección para para evitar el proceso de descongelamiento que no permita la disminución su resistencia del concreto utilizando cubiertas con la chilligua, totora, arbustos, tierra, estiércol, durante la etapa de desarrollo.

Se aplicó el curado natural el desde las 9:00 a.m. hasta 3:00 p.m. con agua y a partir de las 5:30 p.m. hasta 8:00 a.m. se protegieron los testigos con los cobertores naturales disponible en la zona y luego posteriormente se realizaron los ensayos todas estas probetas a los 7, 14 y 28 días y determinar las resistencias para los diferentes testigos de concreto, el que alcance mayor resistencia se tomó como mejor cobertor para el concreto fresco.

Para mantener al concreto a la temperatura apropiada mucho antes de la fecha en que se espera que la temperatura caiga debajo del punto de congelación. Para la colocación de concreto con tiempo frío indica Pasquel (1998) lo siguiente:

Los diseños de mezclas de concreto desarrolladas para su colocación a temperaturas más frías normalmente adicionar mayor cantidad de cemento respecto a climas calurosos.



El concreto necesita más tiempo para fraguar, además existe un cierto peligro de agrietarse por contracción plástica, especialmente si el concreto está mucho más caliente que el aire del ambiente o existe fuertes vientos.

Las temperaturas más bajas se presentan durante los meses de mayo a agosto anualmente, evitando obtener concretos de resistencias requeridas en temperaturas de hasta bajo cero, y tomar todas las precauciones del caso en esas condiciones ambientales.

El curado de concreto según referencias para que tenga un desarrollo normal en el tiempo, debe hacerse por lo menos a una temperatura de 13 °C, pero en la zona de estudio se presentaron mucho menos.

Todos los curados se realizaron a la intemperie a partir de la segunda quincena de julio como meses fríos del año, para condiciones más críticas y durante las noches se ha protegido con chilligua, totora, arbusto, estiércol, tierra y sin protección; y los resultados se obtuvieron considerando un curado desde las 9:00 a.m. a 3:00 p.m. desde el colocado del concreto hasta los 28 días, con ensayos de resistencia a la compresión a los 7, 14, 28 días, para concretos con relación agua/cemento 0.58, todo este trabajo se realizó con tres briquetas y tres losas de 50x50 cm de área con 15 cm. de altura para cada cobertor y testigo sin protector al intemperie.

Los testigos cilíndricos y losas después de ser vaciadas fueron sacadas al aire libre, curando 3 veces al día con rocíos a chorro de agua a los testigos durante 3 a 5 minutos simulando el curado en obra desde las 9:00 a 15:00 horas y por las noche se cubre con cobertores naturales como chilligua, totora, arbusto, estiércol, tierra seca y al testigo al intemperie y sin ningún tipo de recubrimiento en las condiciones del inmenso frío que se tiene en distrito de Santa Rosa, El Collao – Puno, principalmente en los meses



mencionados, por lo que, debemos de tener mucha precaución para curar el concreto y así desarrollar normalmente en esos meses críticos.

En el laboratorio se han determinado la resistencia a la compresión con prueba a la compresión mediante una presa hidráulica y resistencia superficial con esclerómetro in situ, y estos resultados de la resistencia a la compresión se comparación en función a los mantos protectores naturales de la zona usadas para cada testigo de concreto.

3.4.1 Tratamiento de datos

Para analizar las diferencias de protección con cobertores orgánicos naturales de la zona, se usaron pruebas estadísticas (prueba de Tukey), que permitió mostrar las diferencias estadísticas de las resistencias del concreto protegidas con los cobertores naturales, respecto a muestras a la intemperie.



CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 FACTORES QUE INFLUYEN EL FRAGUADO DEL CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS

4.1.1 Diseño de mezcla del concreto para la investigación

Las proporciones de los agregados se calcularon con el método del **agregado global**, tomando en cuenta la dosificación de la mezcla que determinó las proporciones de sus componentes para elaborar el concreto, con una relación agua/cemento de 0.58 y un revenimiento de 3” a 4”, para lograr una buena resistencia y durabilidad del concreto y que permita una adecuada trabajabilidad en estado fresco.

4.1.1.1 Cálculo de las proporciones de los agregados

A. Primer método

Inicialmente, se tomó testigos en moldes cilíndricas las mezclas con diferentes proporciones de agregados gruesos y finos con relación agua/cemento de 0.58, con una única proporción de cemento, posteriormente se realizaron ensayos a todas las probetas a los 7 días y presenta diferentes resistencias para dichas proporciones de los agregados en la tabla 23.

Tabla 23. Resistencia de concreto a los 7 días a diferentes proporciones de agregados

Concreto patrón rotura a los 7 días								
Proporción	a/c	Slump	Peso Test	Diam.	Altura	Agua	Carga	Resistencia
		Pulgada	Gramos	cm.	cm.	M ³	libra	kg/cm ²



45% G, 55% F	0.58	3 ½	12,350	15.2	30.5	185	45,000	112.59
45% G, 55% F	0.58	3 ½	12,300	15.2	30.5	186	35,000	87.57
45% G, 55% F	0.58	3 ½	12,360	15.2	30.7	187	42,000	105.08
50% G, 50% F	0.58	2 ¾	11,560	14.9	30.2	184	48,000	124.98
50% G, 50% F	0.58	3 ¼	12,410	15.2	30.5	187	49,500	123.85
50% G, 50% F	0.58	2 ½	12,440	15.3	30.6	183	37,000	91.37
50% G, 50% F	0.58	3 ¼	12,330	15.3	30.6	186	43,000	106.18
50% G, 50% F	0.58	3 ½	12,380	15.2	30.6	186	39,000	97.58
55% G, 45% F	0.58	3 ¼	12,520	15.3	30.7	182	47,000	116.06
55% G, 45% F	0.58	3 ½	12,450	15.3	30.4	183	34,000	83.96
55% G, 45% F	0.58	3 1/8	12,530	15.3	30.4	186	44,000	108.65
55% G, 45% F	0.58	3 ½	12,490	15.3	30.5	183	51,000	125.94
58% G, 42% F	0.58	3	11,580	14.9	30.2	182	38,000	98.94
58% G, 42% F	0.58	3 ½	12,360	15.6	30.6	179	39,000	92.64
58% G, 42% F	0.58	4 ¼	12,380	15.3	30.5	187	35,000	86.43
60% G, 40% F	0.58	5	12,400	15.2	30.4	187	46,000	115.09
60% G, 40% F	0.58	5	12,500	15.2	30.2	185	46,000	115.09
60% G, 40% F	0.58	3 1/8	11,580	14.9	30.1	178	37,000	96.34
60% G, 40% F	0.58	3 ½	11,700	14.8	30.1	178	48,000	126.67
60% G, 40% F	0.58	6	12,500	15.2	30.7	192	62,000	155.12
60% G, 40% F	0.58	3 ¼	12,570	15.3	30.7	184	49,500	122.23
62% G, 38% F	0.58	3 ¼	12,450	15.2	30.3	178	39,000	97.58
62% G, 38% F	0.58	3 ½	11,520	14.9	30	177	48,000	124.98
62% G, 38% F	0.58	2 ¾	11,560	14.8	30	175	53,500	141.19

Seguidamente, a partir de los resultados de la resistencia de concreto con revenimiento de 3” a 4”, se presentan los promedios de las resistencias de concreto en función a la variación de los agregados grueso y fino que fueron asumidos en la experimentación que se presentan en la tabla 24.

Tabla 24. Promedio de resistencia de concreto en función a la variación de porcentaje de agregados gruesos y finos

Proporciones	Resistencias de concreto óptimos	Resistencia Promedio kg/cm²
45% G, 55% F	112.59	101.75
	87.57	
	105.08	
50% G, 50% F	123.85	109.2
	106.18	
	97.58	
55% G, 45% F	116.06	108.65
	83.96	
	108.65	
58% G, 42% F	125.94	95.79
	98.94	
	92.64	
60% G, 40% F	96.34	115.08
	126.67	
	122.23	
62% G, 38% F	124.98	111.28
	97.58	

En la presente tabla presenta una resistencia a la compresión simple del concreto de valor promedio más alto es de 115.08 kg/cm², con proporción de 60% de agregado grueso y 40% de agregado fino. Dichos valores fueron utilizados en el presente trabajo.

Método “agregado global”

Es el método fundamentado en el criterio del mejor acomodo de los gruesos y finos, caracterizada por el valor del máximo Peso Unitario Compactado (PUC), que nos permitirá mejorar compacidad del agregado que brinde un mejor concreto con baja permeabilidad con proporciones óptimas de valores probables en la tabla 25 y que se gráfica en la figura 7 eligiéndose el par correspondiente al pico mayor de la curva.

Tabla 25. Cálculo del peso unitario compactado P.U.C.

COMB.	%	%	M.F.	M1	M2	M3	PROM	PUC
	Grueso	Fino	Global	kg	kg	kg	kg	kg/m ³
1	35	65	4.44	23.55	23.98	23.93	23.82	1,741.5
2	40	60	4.63	24.94	24.61	24.95	24.83	1,815.5
3	45	55	4.82	24.27	23.88	24.26	24.14	1,764.6
4	50	50	5.01	24.43	24.57	24.80	24.60	1,798.5
5	55	45	5.21	24.38	25.06	25.01	24.82	1,814.3
6	60	40	5.4	24.94	25.06	25.15	25.05	1,831.4
7	65	35	5.59	23.92	23.74	23.57	23.74	1,735.9

Volumen de la vasija = 0.01368

Los valores más altos del peso unitario compactado del agregado global en la secuencia de registro con 40% de agregado grueso y 60% de agregado fino, se logra un peso unitario compactado de 1,815.5 kg/m³ como el primer pico y el segundo pico más alto de 1,831.39 kg/m³ es producto de la combinación de agregados entre 60% de grueso y 40% de fino.

La figura 7 representa el comportamiento del peso unitario compactado del agregado global y los picos mayores en la curva, que permite definir criterios en el trabajo.

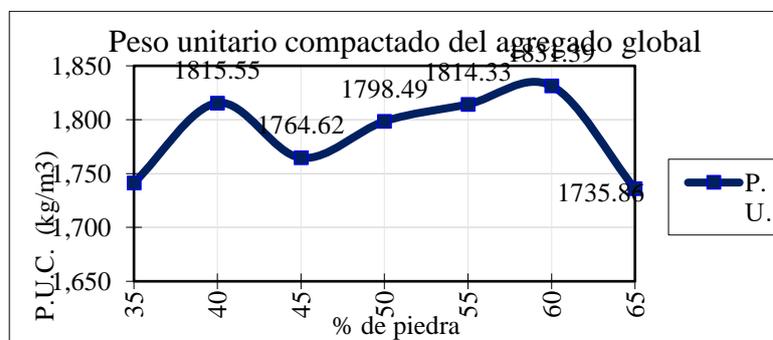


Figura 7. Representación de los picos del peso unitario compactado del agregado global

La figura 7, muestra los picos más altos de peso unitario compactado de 1831.39 kg/m³ con proporciones de agregados de 60% del agregado grueso y 40% de agregado fino, que presente una mejor compactación del agregado respecto a las tablas del ACI que nos proporcionan 65% de agregado grueso y 35% de agregado fino.

Del pico más alto se tomó un rango de dos por ciento a la izquierda y derecha ($\pm 2\%$), tanto de los agregados grueso y fino, en ambos casos, con estos valores se elaboraron la pasta para las tres probetas por cada proporción de agregados, 58% de grueso y 42% de fino, 60% de grueso y 40% de fino, 62% de grueso y 38% de fino, y luego de los 7 días de desarrollo se realizó los ensayos, para luego tomar el mayor valor de las resistencias a la compresión. Además, determinar la cantidad de óptima de agua, mediante varias iteraciones entre 3” – 4” de Slump y la cantidad de agua (Tabla 26).

Tabla 26. Resultados de Slump por cantidad de agua de diseño en tandas de prueba.

Agregado global	58% grueso + 42% fino		
Agua en litros	177.5	179	181
Slump en pulgadas	3	3½	4¼
Agregado global	60% grueso + 40% fino		
Agua en litros	178	187	192.5
Slump en pulgadas	3½	5	6
Agregado global	62% grueso + 38% fino		
Agua en litros	174	176	177
Slump en pulgadas	2¾	3¼	3½

De los rangos tomadas a partir del pico más alto apoyados de la figura 7, asumiendo un valor $\pm 2\%$ para los agregados se han determinado la cantidad de agua requerida para lograr un revenimiento o Slump de $3\frac{1}{2}$ ", 58% de grueso y 42% de fino requiere 179 litros de agua, 60% de grueso y 40% de fino requiere 178 litros de agua y para los valores extremos de la proporción de los agregados con 62% de grueso y 38% de fino requiere de 177 litros de agua.

4.1.2 Resistencia a la compresión de diseños preliminares

Los resultados de los ensayos preliminares con 0.58 de relación de agua/cemento que logra una mejor combinación entre los agregados grueso y fino, con la finalidad de obtener un concreto trabajable en estado fresco y de mejor resistencia en estado endurecido con ensayo a los 7 días de desarrollo de la muestra de broquetas, valores cercanos a la combinación de agregados con 60% de grueso y 40% de fina.

Tabla 27. Resultados de la resistencia de pruebas a los 7 días, con $a/c = 0.58$

Combinación		Resistencia a la compresión (kg/cm ²)			Resistencia
A. Grueso	A. Fino	Probeta 1	Probeta 2	Probeta 3	Promedio
45	55	113	88	105	101.75
50	50	124	106	98	109.20
55	45	116	84	109	108.65
58	42	99	93		95.79
60	40	96	127	122	115.08
62	38	98	125		111.28

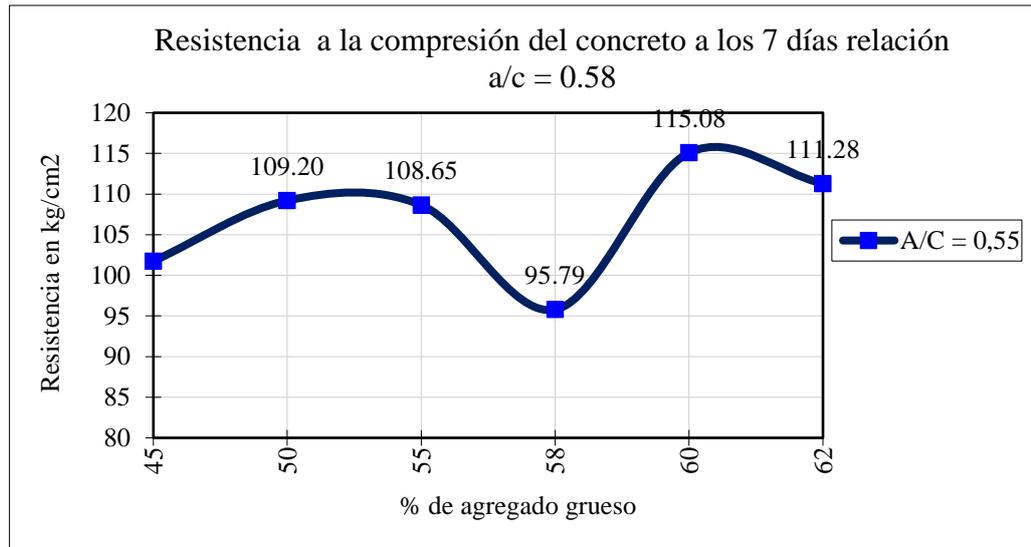


Figura 8. Comportamiento de la resistencia a la compresión a los 7 días con $a/c = 0.58$

La resistencia a la compresión simple del concreto varía en función a las proporciones del agregado grueso, sin embargo, valores óptimos se encuentran próximos a la combinación de 60% de agregado grueso y 40% de agregado fino, para una la relación agua/cemento de 0.58.

4.1.3 Granulometría del agregado global

El cálculo de la curva de la granulometría del agregado global es realizado con las proporciones de agregados fino y grueso que usaron en el diseño de mezcla. Los porcentajes de cada agregado son determinados con el método del agregado global, en la tesis realizada fueron de 60% de agregado grueso + 40% de agregado fino.



Tabla 28. Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422), de ensayos estándar de clasificación de la norma DIN.

Tamices	Abertura	% Que	% Que	Fino 40%	Norma	
ASTM	mm	pasa	pasa	Grueso 60%	DIN	
3"	0.076					
2½"	0.064					
2"	0.051	100.00	100.00	100.00	100	100
1½"	0.038	97.12	100.00	98.27	95	100
1"	0.025	86.35	100.00	91.81		
¾"	0.019	74.63	100.00	84.78	45	80
½"	0.013	53.10	100.00	71.86		
3/8"	0.010	34.48	100.00	60.69		
¼"	0.006	12.63	100.00	47.58		
Nº4	0.005	0.00	100.00	40.00	25	50
Nº8	0.002		78.92	31.57		
Nº16	0.001		58.19	23.28		
Nº30	0.001		33.06	13.22	8	30
Nº50	0.000		15.84	6.34		
Nº100	0.000		5.08	2.03	0	8
Nº200	0.000		0.00			

4.1.4 Diseño de mezcla por el método del agregado global

En la tabla 29 se presentan valores que determinan las características de los agregados que son utilizados en la tesis.

Tabla 29. Características de los agregados a utilizar en el estudio.

Descripción	Unidad	Cemento	Agregados	
			Tipo IP	Fino
Tamaño máximo	Pulg.			1½
Peso específico	g/cm ³	3.05	2.27	2.34
Peso unitario suelto	kg/m ³		1,775	1,407
Peso unitario compactado	kg/cm ³		1,957	1,567
Contenido de humedad	%		1.66	0.40
Absorción	%		4.82	2.93
Módulo de fineza			3.09	6.94

Los resultados de las características de los agregados que permitan lograr los concretos requeridos para las condiciones del ámbito de estudio, tanto en el estado fresco como en estado endurecido, donde el módulo de los agregados finos es 3.09 y de los gruesos es 6.94, estos agregados están disponible en la zona. Siguiendo los mismos procedimientos descritos en la parte de la metodología se logran obtener mediante dos métodos de diseño de mezclas la de ACI como el método experimental con el agregado global determinó los valores de agua y cemento requerido, que se presentan en la tabla 30.

Tabla 30. Proporciones de agua y cemento para la pasta según diseño de mezclas

Componentes del concreto	Métodos de diseño de mezcla	
	ACI	Agregado global
Cemento	354.55	323.64
Agua	195.00	195.00
% Aire	1.50	1.50
Tanda kg.		54.00
Relación a/c	0.58	0.58

Los resultados de los métodos que presentan los valores del contenido de cemento, con el método ACI es mayor que con el método experimental con agregado global, con las mismas cantidades de agua, relación a/c y contenido de aire, con un valor de 354.55 kg.

En la tabla 31 presentan los valores ajustados de los componentes del concreto según el diseño de mezcla para condiciones de estudio con método experimental del agregado global.

Tabla 31. Las proporciones de la mezcla por el método del agregado global

Materiales	Cálculo	Volumen	Pes. Secos	Pesos Hum.	D.U
Cemento		0.116	354.55 kg.	354.55 kg.	1.000
Agua		0.195	195.00 kg.	238.26 L.	0.672
Arena			611.77 kg.	621.93 kg.	1.754
Piedra			945.95 kg.	949.74 kg.	2.679
% Aire	1.5%	0.015		Suma Total	6.105
Sumatoria parcial de Vol.		0.326			
Volumen total de mezcla		1.00 m ³		$La T. Obra es = \frac{54.00}{6.10} = 8.8525$	



$$1 - 0.326 = \text{El porcentaje de aire del diseño es } 1.50\%$$

Volumen corresp. a los Ag.	0.674
Vol. del Agreg	Volumen total de Agregado * %Agreg de Met. Ag. Glob.
Vol. de Agr. Fino	$0.674 * 40\% = 0.270 \text{ m}^3$
Vol. de Agr. Grueso	$0.674 * 60\% = 0.404 \text{ m}^3$
Peso del agregado	$= \text{Peso específico del agregado} * \text{volumen del agregado}$
Peso de Agreg. fiino	$= 2,270 * 0.270 = 611.77 \text{ kg}$
Peso de A. grueso	$= 2,340 * 0.404 = 945.95 \text{ kg}$

Cálculo de los pesos húmedos de los agregados

P.H del Agregado	$= \text{Peso seco del agregado} * \left(1 + \frac{C.H. del agrag.}{100}\right)$
P.H. de la Arena	$= 611.77 \text{ kg} * \left(1 + \frac{1.66}{100}\right) = 621.9254 \text{ kg} = 621.93 \text{ kg}$
P.H. de la Piedra	$= 945.95 \text{ kg} * \left(1 + \frac{0.40}{100}\right) = 949.7338 \text{ kg} = 949.74 \text{ kg}$

Corrección del agua por agregados

$\text{Contenido de agua por agregado} = \text{Peso seco Agregado} * \frac{C.H. Agreg - \%Abs. Agreg}{100} =$	
$C.A. \text{ por agregado fino} = 611.77 \text{ kg} * \frac{1.66 - 4.82}{100} = -19.33 \text{ L}$	
$C.A. \text{ por agregado grueso} = 945.95 \text{ kg} * \frac{0.40 - 2.93}{100} = -23.93 \text{ L}$	
Corrección total de Agua por los Agregados	$= -43.26 \text{ L}$
$\text{Agua corregida} = \text{agua de las tablas} - \text{corrección total} = 195 - (-43.26) = 238.26 \text{ L}$	

Resultado de proporciones de la mezcla por el método del agregado global

Materiales	Pesos Hum A.G.	Pesos Hum. M.F.	Pesos Hum (ACI)
Cemento	354.55 kg.	354.55 kg.	354.55 kg.
Agua	238.26 L.	238.25 L.	237.97 L.
Agregado fino	621.93 kg.	606.92 kg.	565.38 kg.
Agregado grueso	949.74 kg.	966.60 kg.	1007.88 kg.
% aire			



Los resultados obtenidos permitan lograr una pasta con mejor compacidad y un concreto menos permeable, para evitar el infiltrado de agua al concreto en el estado endurecido, así eliminar el proceso de hielo y deshielo en el concreto, contribuyendo así evitar la corrosión de los aceros de refuerzo y así lograr una buena durabilidad de los concretos en obra, principalmente en obras de concreto armado.

4.1.5 Valores de diseño de mezcla

En esta parte se hace un pequeño resumen de los valores asumidos y encontrados durante el presente estudio.

- 1) Relación agua/cemento en función a asentamiento plástico de 3” – 4” y agua de 195 litros se tiene $a/c = 0.58$, es el que utilizó en el estudio
- 2) Selección del asentamiento plástico de 3” a 4”.
- 3) Selección del tamaño máximo nominal del agregado grueso a partir del análisis granulométrico del agregado grueso es $TMN = 1”$
- 4) Estimación del agua de mezclado, considerando el % de aire, asentamiento plástico de 3” a 4” y relación $a/c = 0.58$, la cantidad a usar es 178 litros, para agregados de 60% de grueso y 40% de fino

5) Contenido de aire.

Para un $TMN = 1”$, el aire atrapado es 1.5% para condiciones del agregado considerado.

6) Factor cemento.

Como se tiene la relación $a/c = 0.58$ y con un agua = 195 L/m^3

$$C = \frac{195}{0.58} = 336.21 \frac{\text{kg}}{\text{m}^3}$$

7) Volumen de cemento agua y aire

En función a la cantidad de cemento obtenido, agua y aire se hizo la conversión de unidades de peso a volumen* 1 m^3 .



$$C = \frac{\text{Cemento}}{P. \text{específico}} = \frac{336.21 \frac{kg}{m^3}}{3050 \frac{kg}{m^3}} = 0.11 m^3$$

$$a = \frac{\text{agua}}{P. \text{específico}} = \frac{195 \frac{kg}{m^3}}{1000 \frac{kg}{m^3}} = 0.195 m^3$$

$$\% \text{aire} = \frac{1.5\%}{100\%} = 0.015 m^3$$

La sumatoria parcial en volumen de pasta se tiene = $0.32 m^3$

8) Volumen de agregados

Entonces el volumen de agregados de determina a partir de una unidad cúbica

($1 m^3$) de concreto, es = $1 m^3 - 0.32 m^3 = \mathbf{0.68 m^3}$.

9) Volúmenes de los agregados fino y grueso

Mediante los valores de pesos unitarios compactados P.U.C. se obtiene las proporciones de 60% de agregado grueso y 40% de agregado fino.

Vol. Agreg = Vol. total de Agreg x % Agreg de método del Agreg. Global

$$\text{Vol. de agregad fino} = 0.674 * 40\% = 0.270 m^3$$

$$\text{Vol. de agregado grueso} = 0.674 * 60\% = 0.404 m^3$$

10) Peso seco de los agregados fino y grueso

Peso del Agreg. = Peso Específico del Agreg. * Volumen del Agreg.

$$\text{Peso de agregado fino} = 2270 * 0.270 = 611.27 kg$$

$$\text{Peso de agregado grueso} = 2340 * 0.404 = 945.95 kg$$

11) Peso húmedo de los agregados fino y grueso

$$P.H. \text{ del agregado} = \text{Peso seco agreg.} * \left(1 + \frac{C.H. \text{ del agrag.}}{100} \right)$$



$$P.H. del arena = 611.27kg * \left(1 + \frac{1.66}{100}\right) = 621.93 kg.$$

$$P.H. del piedra = 945.95kg * \left(1 + \frac{0.40}{100}\right) = 949.74 kg.$$

12) Corrección del agua por agregados

$$C. agua por agregado = Peso seco agreg.* \left(\frac{C.H. Agreg - \%Abs. agrag.}{100}\right)$$

$$C.A. por arena = 611.27 * \left(\frac{1.66 - 4.82}{100}\right) = -19.33L$$

$$C.A. por piedra = 945.95 * \left(\frac{0.40 - 2.93}{100}\right) = -23.93L$$

$$\text{Corrección total de agua} = -43.26 L.$$

Agua corregida = Agua de diseño – corrección total de agua.

$$\text{Agua corregida} = 195 - (-43.26) = 238.26 L.$$

13) Finalmente, para una tanda de obra de 54 kg

Para 3 probetas de concreto aproximadamente, tiene por la división de la cantidad de una unidad de cemento por cada uno los componentes de la mezcla:

Cemento = 1,

Agua = 0.672,

Agregado fino = 1.754

Agregado grueso = 2.679

Total = 6.105

Entonces se divide la tanda de 54 kg por el valor total de los componentes 6.105, obteniendo el 8.845, este resultado es multiplicado a cada proporción de los componentes del concreto.



$$\text{Cemento} = 1.00 * 8.845 = 8.85 \text{ kg}$$

$$\text{Agua} = 0.674 * 8.845 = 5.94 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado fino} = 1.754 * 8.845 = 15.52 \text{ kg}$$

$$\text{Agregado grueso} = 2.67900 * 8.845 = 23.69 \text{ kg}$$

Este es el procedimiento de cálculo de este método que como se vio en este ejemplo es más fácil y no se necesita de tablas o ábacos para el cálculo de las proporciones de los materiales del concreto y que lo más importante radica en hallar las proporciones adecuadas de los agregados.

4.1.6 Diseño final con la cantidad óptima de agua

La tabla 32 presenta los resultados de la proporción óptima de agua y el cemento para la elaboración de la pasta de concreto mediante el método de ACI y agregado global.

Tabla 32. Diseño final con la cantidad óptimo de agua para la elaboración de concreto

Componentes	ACI	Agreg. Global
Cemento	354.55	323.64
Agua	195.00	178
% Aire	1.50	1.5
Tanda kg.		54
Relación a/c	0.58	0.58

Con el método ACI se obtiene mayor cantidad de cemento que con el método experimental de agregado global, además, este mismo caso ocurre en cuanto a la cantidad de agua, con el método de agregado global en mucho menor que con método ACI.



Los resultados de las proporciones de los componentes del concreto mediante el método de agregado global, se presentan en la tabla 33.

Tabla 33. Las proporciones de la mezcla por el método del agregado global.

Materiales	Cálculo	Volumen	Pes. Secos	Pesos Hum.	D.U	T.O
Cemento		0.106	323.64 kg.	323.64 kg.	1.000	8.01
Agua		0.178	178.00 kg.	223.01 L.	0.689	5.52
Agregado fino			636.41 kg.	646.97 kg.	1.999	16.01
Agregado grueso			984.05 kg.	987.99 kg.	3.053	24.46
% Aire	2.0%	0.020		Suma Total	6.741	54.00
Sumatoria parcial de Vol.		0.304				
Volumen total de mezcla		1.00 m ³		$La T. Obra es = \frac{54.00}{6.741} = 8.011$		
Volumen corresp. a los Agreg.		$= 1 - 0.304 = 0.696$		El porcentaje de aire del diseño es 2.0%		
Vol. del Agreg		Volumen total de Agregado* % Agreg de Met. Ag. Glob.				
Vol. de Agr. Fino		$0.696 * 40\% = 0.2784 m^3$				
Vol. de Agr. Grueso		$0.696 * 60\% = 0.4176 m^3$				
Peso del agregado		$= Peso específico del agregado * volumen del agregado$				
Peso de Agreg. fiino		$= 2,270 * 0.278 = 631.06 kg$				
Peso de A. grueso		$= 2,340 * 0.418 = 978.12 kg$				
Cálculo de los pesos húmedos de los agregados						
P.H del Agregado		$= Peso seco del agregado * \left(1 + \frac{C.H. del agrag.}{100}\right)$				
P.H. de agregado fino		$= 631.06 kg * \left(1 + \frac{1.66}{100}\right) = 641.5356 kg = 641.54kg$				
P.H. agregado grueso		$= 978.12 kg * \left(1 + \frac{0.40}{100}\right) = 982.0325 kg = 982.03 kg$				

Corrección del agua por agregados



$$\text{Contenido de agua por agregado} = \text{Peso seco Agregado} * \frac{C.H. \text{ Agreg} - \% \text{ Abs. Agreg}}{100} =$$

$$C.A. \text{ por agregado fino} = 631.06 \text{ kg} * \frac{1.66 - 4.82}{100} = -19.94 \text{ L}$$

$$C.A. \text{ por agregado grueso} = 978.12 \text{ kg} * \frac{0.40 - 2.93}{100} = -24.75 \text{ L}$$

$$\text{Corrección total de Agua por los Agregados} = -44.69 \text{ L}$$

$$\text{Agua corregida} = \text{agua de las tablas} - \text{corrección total} = 195 - (-44.69) = 239.69 \text{ L}$$

Resultado de proporciones de la mezcla por el método del agregado global

Materiales	Pesos Hum		
	Pesos Hum A.G.	Pesos Hum. M.F.	(ACI)
Cemento	354.55 kg.	354.55 kg.	323.64 kg.
Agua	238.26 L.	238.25 L.	239.69 L
Agregado fino	621.93 kg.	606.92 kg.	641.54 kg
Agregado grueso	949.74 kg.	966.60 kg.	982.03 kg
% aire	2.0%	2.0%	2.0%

La dosificación de los componentes del concreto es muy importante, para lograr la resistencia requerida

4.2 PROTECCIÓN DEL CONCRETO EN TIEMPOS BAJAS TEMPERATURAS

4.2.1 Proceso protección con cobertores naturales de losas y cilindros de concreto

En este ítem se presenta los tipos de protección realizados a las muestras de concreto (losas y cilindros) tanto con cobertores naturales como a la intemperie durante los fuertes descensos de temperatura (durante la noche), que logren tener una solución óptima que mitiguen los efectos de hielo y deshielo durante las heladas que se presentan, protegiendo con: estiércol, chilligua, arbusto, tierra, a la intemperie sin protección.



Figura 10. Losa y briquetas de concreto protegido con estiércol de corral

Las muestras de concreto en losas y cilindros para caso de experimento en losas como en briquetas de tomó tres ejemplares, para realizar los ensayos de resistencia superficial en losas y resistencia a la compresión simple de concreto en cilindros o briquetas. Una vez tomada las muestras tal como se muestran en la figura 10, se procede el curado de concreto y durante las horas de la noche se cubre con los protectores naturales de la zona.

4.2.2 Protección de losas y briquetas de concreto con estiércol de corral y arbusto

Estos sistemas se han planteado como una de las primeras alternativas de bajo costo, porque existe disponibilidad de dichos materiales en la zona de estudio, para proteger y cubriéndolas con estiércol y arbusto a otras muestras con la finalidad de poder solucionar el problema del congelamiento del concreto, que se muestra a continuación, en la figura 10.



Figura 11. Protección de concreto fresco con estiércol y arbusto

4.2.3 Protección del concreto fresco con chilligua o ichu y totora

Este sistema de protección con la chilligua como cobertor natural se planteó como otra alternativa, por su disponibilidad en el ámbito de estudio, se usó para cubrir durante la noche con un espesor promedio de 5 cm de chilligua o ichu o paja del altiplano.



Figura 12. Protección de concreto fresco con chilligua de los andes y totora

4.2.4 Recomendaciones de la protección óptima de losas y cilindros

Las muestras que son materia de estudio descritas en la metodología de investigación de la presente tesis cuyas dimensiones son 0.50x0.50x0.15 en metros de losa y 15 centímetros de diámetro por 30 centímetros de altura de cilindros, estas muestras se cubrieron con materiales de la zona (Figura 13),



Figura 13. Losa de concreto protegido con estiércol de corral

- a. Primeramente, se ha tomado información meteorológica, principalmente, la temperatura y humedad relativa del ambiente donde se ha tomado muestras del concreto con termohigrómetros digitales.



Figura 14. Termohigrómetros digital – Data looger

- b. Se ha tomado muestras de acuerdo a la teorías y recomendaciones presentadas en el presente según los resultados del diseño de mezcla y las especificaciones técnicas y normas vigentes (Figura 15).



Figura 15. Elaboración muestras y preparado de losas de concreto para su ensayo

- c. Hay tener en cuenta el concreto termine su fraguado inicial, este periodo podría ser desde 2 a 3 horas aproximadamente después del colocado del concreto, inmediatamente se cubre la superficie de la losa con *estiercol* esto para evitar que el frío de la primera noche no congele el concreto fresco.

4.3 TEMPERATURAS AMBIENTALES DURANTE EL PERIODO DE ESTUDIO

Las temperaturas ambientales varían durante el año, principalmente durante los meses de mayo a agosto, son los meses más críticos por el descenso de las temperaturas durante las noches se ha monitoreado cada media hora, haciendo que los trabajos no sean óptimos en la construcción de obras civiles (Tabla 34) según los datos del anexo A.

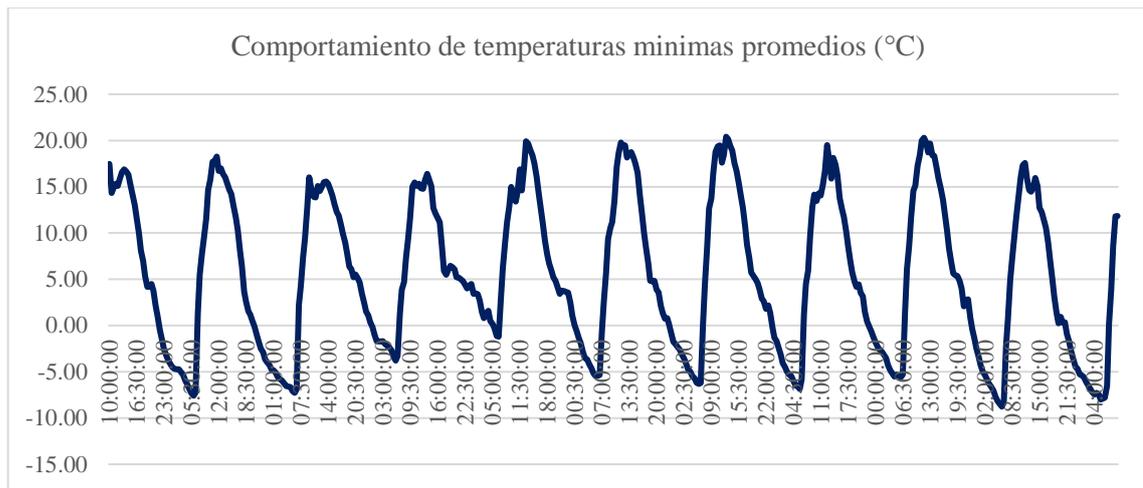


Figura 16. Comportamiento de la temperatura mínima promedio en °C

La temperatura mínima en el distrito de Santa Rosa de la provincia de El Collao es muy oscilante, llegando temperaturas bajo cero en una buena parte del día, que esas horas requiere cubrir el concreto fresco, para evitar el hielo y deshielo durante sus primeras etapas del concreto.

4.4 ANÁLISIS DE RESISTENCIA DE LOSAS Y BRIQUETAS DE CONCRETO

4.4.1 Resistencia superficial de los concreto con esclerómetro

Se ha determinado la resistencia superficial del concreto en las losas 0.50x0.50x0.15 metros con el esclerómetro NDT James Instruments, tal como se muestra en la figura 17.



Figura 17. Ensayo de la resistencia superficial del concreto con esclerómetro

Se ha logrado realizar ensayos mediante rebotes del equipo (esclerómetro), según la figura 17, donde se muestra los ensayos correspondientes en las losas, estos valores del rebote con la ayuda de la figura 18 se ha logrado aproximar los valores de resistencia superficial de las losas de concreto, que se adjunta en la tabla 34.

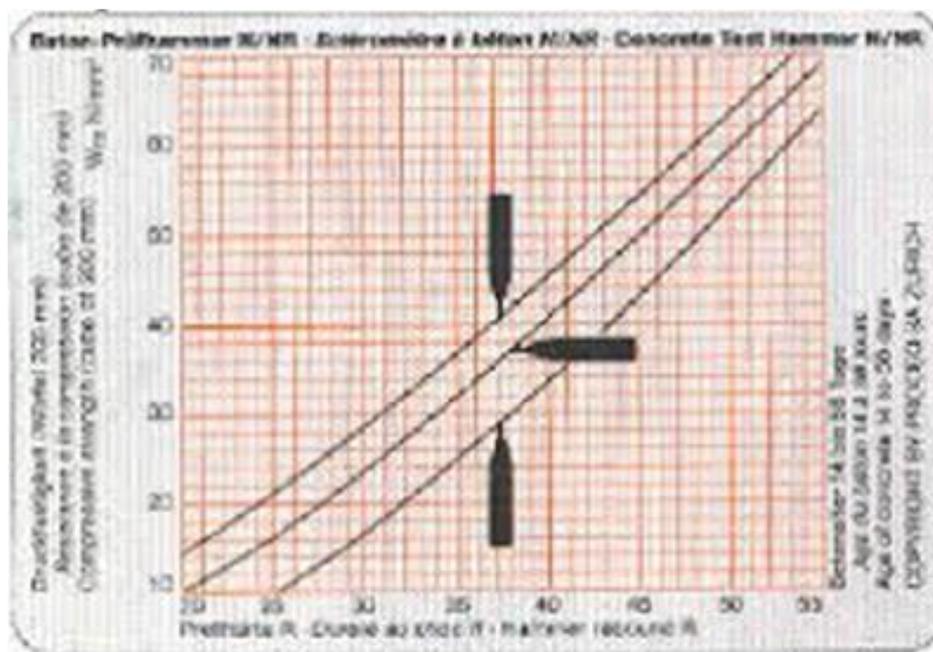


Figura 18. Equipo de esclerómetro y la tabla de conversión de lectura



Tabla 34. Resistencia superficial de losas de concreto cubiertas con protectores

CONTROL DE LABORATORIO										
PRUEBAS DE REBOTE CON SCLEROMETRO										
UNIVERSIDAD		: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUÑO								
Tesis		: UTILIZACION DE COBERTURAS, CON PRODUCTOS NATURALES PARA EL DESARROLLO DEL CONCRETO EN TIEMPOS DE HELADA EN EL DIST. SANTA ROSA								
Lugar		: DISTRITO DE SANTA ROSA DE MAZOCRUZ						FECHA:		: 17/08/2021
Aparato		: Sclerometro SCHIMDT, Model "Roche"						Operador:		Hugo Butron Choque (Tesis)
Orientación del Martillo		: TIPO "B"								
Fecha de Ensayo		: 17/08/2021								
PROBETA Nº DESCRIPCION			NIVEL	CARA	LECTURA DEL REBOTE	f'c MARCADA EN PSI	f'c CALCULADA (f'c=kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (f'c=kg/cm ²)	% PROMEDIO	
Nº de Rebotes	TIPO DE PROTECCION	ELEMENTO								
1	Protegido con arbusto	Losa 01	1er	Sup	30	3750	261.56	217	1.03	
2		Losa 01	1er	Sup	28	3250	226.69			
3		Losa 01	1er	Sup	27	3000	209.25			
4		Losa 01	1er	Sup	26	2750	191.81			
5		Losa 01	1er	Sup	30	3750	261.56			
6		Losa 01	1er	Sup	27	3000	209.25			
7		Losa 01	1er	Sup	26	2750	191.81			
8		Losa 01	1er	Sup	27	3000	209.25			
9		Losa 01	1er	Sup	26	2750	191.81			
Nº de Rebotes		ELEMENTO								
1	Protegido con con plástico y estiércol	Losa 02	1er	Sup	26	2750	191.81	213	1.01	
2		Losa 02	1er	Sup	28	3250	226.69			
3		Losa 02	1er	Sup	29	3500	244.13			
4		Losa 02	1er	Sup	26	2750	191.81			
5		Losa 02	1er	Sup	28	3250	226.69			
6		Losa 02	1er	Sup	27	3000	209.25			
7		Losa 02	1er	Sup	26	2750	191.81			
8		Losa 02	1er	Sup	27	3000	209.25			
9		Losa 02	1er	Sup	28	3250	226.69			
Nº de Rebotes		ELEMENTO								
1	Protegido con totora	Losa 03	1er	Sup	26	2750	191.81	200	0.95	
2		Losa 03	1er	Sup	28	3250	226.69			
3		Losa 03	1er	Sup	27	3000	209.25			
4		Losa 03	1er	Sup	26	2750	191.81			
5		Losa 03	1er	Sup	28	3250	226.69			
6		Losa 03	1er	Sup	27	3000	209.25			
7		Losa 03	1er	Sup	26	2750	191.81			
8		Losa 03	1er	Sup	25	2000	139.50			
9		Losa 03	1er	Sup	27	3000	209.25			
Nº de Rebotes		ELEMENTO								
1	Protegido con Chilligua	Losa 04	1er	Sup	25	2000	139.50	194	0.92	
2		Losa 04	1er	Sup	28	3250	226.69			
3		Losa 04	1er	Sup	27	3000	209.25			
4		Losa 04	1er	Sup	26	2750	191.81			
5		Losa 04	1er	Sup	28	3250	226.69			
6		Losa 04	1er	Sup	27	3000	209.25			
7		Losa 04	1er	Sup	26	2750	191.81			
8		Losa 04	1er	Sup	25	2000	139.50			
9		Losa 04	1er	Sup	27	3000	209.25			
Nº de Rebotes		ELEMENTO								
1	Protegido con tierra seca + plástico	Losa 05	1er	Sup	22	1500	104.63	168	0.80	
2		Losa 05	1er	Sup	25	2000	139.50			
3		Losa 05	1er	Sup	26	2750	191.81			
4		Losa 05	1er	Sup	24	1875	130.78			
5		Losa 05	1er	Sup	26	2750	191.81			
6		Losa 05	1er	Sup	27	3000	209.25			
7		Losa 05	1er	Sup	25	2000	139.50			
8		Losa 05	1er	Sup	27	3000	209.25			
9		Losa 05	1er	Sup	26	2750	191.81			
Nº de Rebotes		ELEMENTO								
1	Sin protección	Losa 05	1er	Sup	26	1400	98.68	117	0.56	
2		Losa 05	1er	Sup	28	1800	109.50			
3		Losa 05	1er	Sup	29	1750	101.82			
4		Losa 05	1er	Sup	26	1775	107.74			
5		Losa 05	1er	Sup	28	1950	118.82			
6		Losa 05	1er	Sup	27	2000	139.50			
7		Losa 05	1er	Sup	26	2000	139.50			
8		Losa 05	1er	Sup	27	1500	104.63			
9		Losa 05	1er	Sup	28	1875	130.78			



Las resistencias superficiales de las losas de concreto protegidas con diferentes materiales orgánicos (cobertores naturales) muestran en la tabla 34. Mayores resistencias superficiales se obtuvieron con cobertores de arbusto, luego con plástico y estiércol, seguida con cobertores de totora del lago Titicaca, posteriormente la chilligua del altiplano y finalmente, protegidas con tierra seca y expuestas a la intemperie es la resistencia superficial más bajo que se obtuvo, con esclerómetro.

Los cobertores orgánicos como el estiércol, tierra seca, chilligua, arbustos y totora se encuentran a disponibilidad en el distrito de Santa Rosa de la provincia de El Collao, ya que este cobertor orgánico tiene mejores propiedades térmicas y consecuentemente brinda mejores resultados en la resistencia del concreto en climas severos y de alto riesgo en el altiplano peruano.

Los ensayos de rotura de los cilindros de concreto se han realizado con la finalidad de determinar la resistencia a la compresión simple de los testigos protegidos con los materiales descritos, que se presentan en la figura 19.



Figura 19. Ensayo de la rotura de los cilindros de concreto

Además, se ha realizado las pruebas de rotura de los cilindros de concreto en el laboratorio GEOPOL EIRL Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad, cuyos resultados resumidos y promediados se presentan en la tabla 35.

Tabla 35. Resistencia promedio de concreto cubiertas con protectores naturales

Tiempo (Días)	Resistencia de concreto protegidos con cobertores naturales /(kg/cm ²)					
	Sin protección	Chilligua	Totora	Arbusto	Suelo	Estiércol
12	64.7	93.8	87.9	82	91	63.5
15	92.1	118.9	133.6	142	126.3	121.1
29	108.4	165.6	188.3	218	160.3	197.6

Los resultados presentados en la tabla 35, sobre las resistencias a la compresión simple promedio de concreto cubiertas con protectores naturales, son

diferentes. En los primeros días de desarrollo no muestra resultados o valores bien definidos numéricamente, luego a los 15 días de desarrollo del concreto es ya más claro, cubiertas con arbusto muestran mejores resultados y finalmente es aclarado a los 29 días de desarrollo. Estas diferencias muestran resultados por condiciones ambientales según Belizario et al. (2021), además influyen las condiciones geográficas (Belizario-Quispe et al., 2017). Sin embargo, los protectores naturales son una alternativa para lograr concretos con buena resistencia y a bajo costo (Catacora, 2015) y estos protectores ayudan a desarrollar adecuadamente el concreto fresco y del proceso de hielo-deshielo del concreto fresco (Páez et al., 2009).

Tabla 36. Agrupación de las resistencias a la compresión del concreto a los 12 días

Cobertores	Resistencia ($f'c=kg/cm^2$)	Grupos	
Chilligua	93.80	a	
Tierra seca	91.00	a	b
Totora	87.90	a	b
Arbusto	82.00		b c
Estiércol	63.50		c
Sin protección	64.70		c

Los primeros días del desarrollo de concreto (Tabla 36) no muestran una clara diferencia numérica pero estadísticamente los cobertores naturales como tierra seca y totora tienen las mismas capacidades de proteger concretos frescos, tal como indica Belizario et al. (2021), pero estos cobertores naturales son buenos protectores que permiten conservar una temperatura durante las noches (Catacora, 2015) frente a las temperaturas ambientales extremas mínimas (Cerdán, 2014) y del proceso de hielo-deshielo (Páez, et al., 2009).

Tabla 37. Agrupación de las resistencias a la compresión del concreto a los 15 días

Cobertores	Resistencia (f_c =kg/cm ²)	Grupos	
Arbusto	142.00	a	
Totora	133.60	b	
Tierra seca	126.30	b	c
Estiércol	121.10	b	c
Chilligua	118.90	c	d
Sin protección	92.10		e

A los 15 días del desarrollo de concreto fresco según la tabla 37, muestran que los cobertores naturales como tierra seca y estiércol tienen las mismas capacidades de proteger, mientras que los arbustos y totora tienen mejores capacidades de conservar la temperatura y son buenos protectores frente a temperaturas extremas mínimas tal como indica Catacora (2015). Según los resultados presentados podría atribuirse a las condiciones de climas extremos las diferencias de resistencia según Cerdán (2014) y su curado en obra (Contreras y Velasco, 2018), por las condiciones ambientales (Gómez y Vidal, 2005).

Tabla 38. Agrupación de las resistencias a la compresión del concreto a los 29 días

Cobertores	Resistencia (f_c =kg/cm ²)	Grupos	
Arbusto	218.00	a	
Estiércol	197.60	a	b
Totora	188.30	a	b
Chilligua	165.60		c
Tierra seca	160.30		c
Sin protección	108.40		d

En la tabla 38, los resultados ya están más definidos a los 29 días de desarrollo del concreto, lo que, atribuiría a la influencia de la temperatura ambiental en el testigo sin protección tal como indica Cerdán (2014) y FAO (2010), los bajos resultados de la resistencia del concreto en tiempos de heladas



según Legal (2010) así como afirma Medina y Quispe (2017), entonces los concretos frescos bajo las condiciones del altiplano requiere un curado y protección adecuado según Morales (2011), puesto que la temperatura ambiental tiene influencia en la propiedades del concreto principalmente en su resistencia a la compresión (Ortiz et al., 2007) por los ciclos de hielo-deshielo (Páez, 2009). Esta realidad podría producir hasta la pérdida de consistencia del concreto fresco a temperaturas inferiores o cercanos a cero (Speicher, 2007), como es el caso en Santa Rosa, El Collao, de la región de Puno.



V. CONCLUSIONES

El diseño de mezclas mediante método de agregados globales brinda una mejor proporción de los agregados a partir porcentajes de agregados de 60% grueso y de 40% fino, debido a que son más reales por considerar la prueba del Peso Unitario Compactado que permite obtener las proporciones más exactas posibles de agregados en función a la máxima densidad.

Las resistencias a la compresión de los concretos tanto en losas como en cilindros son diferentes 124.57%, 112.91%, 107.60%, 94.63% y 91.60% a los 29 días de desarrollo, protegidos con 10 cm de cobertores naturales como arbustos, estiércol de ganado, totora, chilligua y tierra seca respectivamente, y a la intemperie sin protección sólo logro una resistencia a la compresión de 61.94%, por lo que estos cobertores naturales disponibles en el altiplano peruano son una alternativa para proteger concretos frescos para lograr resistencias esperados, porque permiten mantener una temperatura constante en el concreto durante las noches frías, permitiendo así el normal desarrollo del concreto.

Concretos frescos protegidos con arbusto, los primeros 29 de desarrollo logro una resistencia a la compresión de 218 kg/cm², seguido con estiércol de ganado logró $f'c = 197.60$ kg/cm² y con totora logró una $f'c = 188.30$ kg/cm², mientras que concreto sin protección sólo llegó a una resistencia a la compresión de $f'c = 108.40$ kg/cm², por lo que se puede indicar que el arbusto, el estiércol y la totora son una alternativa para proteger los concretos frescos durante las noches de heladas en el altiplano.



VI. RECOMENDACIONES

Los resultados del presente trabajo es una información muy útil para los profesionales que toman decisiones y los que se dedican a la ingeniería de la construcción, proyectistas, constructores y planificadores, que les permita administrar el uso de concreto en las diferentes obras en las condiciones del altiplano.

Debe realizar estudios sobre el espesor de los cobertores naturales utilizados (chilligua, estiércol de ganado, arbusto, totora, tierra seca), controlando sus propiedades térmicas de los materiales en referencia.

El diseño de mezcla debe realizar siempre con sumo cuidado y con resultados reales, y los vaceados de concretos deben realizar hasta antes de las 3.00 pm, para que el concreto logro iniciar su fraguado.

Para evitar la evaporación del agua de concreto por la fuerte radiación o por fuertes corrientes de viento podrían originar fisuras, el concreto debe curar diariamente desde las 9:00 hasta las 15:00 horas y luego, desde las 17:00 horas deben utilizar cobertores naturales para proteger a fin de lograr que los concretos desarrollen óptimamente su fraguado.



VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Abanto, F. (1995). *Tecnología del Concreto (Teoría y Problemas)*. San Marcos.
- Abanto, F. (2005). *Tecnología del concreto: Teoría y Problemas* (Segunda Ed). San Marcos.
- Arroyo, D. (2012). *Hormigón Pretensado* (p. 79).
- BASF. (2008). *Hormigón en tiempo frío* (p. 6). The chemical Company.
- Belizario-Quispe, G., Laura, J. C., Chui, H., & Laura, S. (2017). Comportamiento de la resistencia a la compresión del concreto a diferentes altitudes en las localidades de Puno – 2016. *Ciencia y Desarrollo*, 20(2), 61–70.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.21503/cyd.v20i2.1490>
- Belizario, G. (2014). *Impactos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú* [Universidad Nacional del Altiplano].
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/256>
- Belizario, G. (2015). Efectos del cambio climático en la agricultura de la cuenca Ramis, Puno-Perú. *Rev. Investig. Altoandin.*, 17(1), 47–52.
<https://doi.org/http://dx.doi.org/10.18271/ria.2015.77>
- Belizario, G. (2021). *Epistemología ambiental aplicada al cambio climático y su impacto en la agricultura* (ILAE (ed.); Primera Ed). Instituto Latinoamericano de Altos Estudios.
https://www.ilae.edu.co/web/Ilae_Files/Libros/202109231427551445415815.pdf
- Belizario, G., Chui, H. N., & Cotrina, G. G. (2021). *Comportamiento de la resitencia del concreto a diferentes altitudes: Un estudio de caso en las zonas altoandinas del Perú* (Primera). Editorial Académica Española.
<https://www.morebooks.shop/store/es/book/comportamiento-de-la-resistencia-del-concreto-a-diferentes-altitudes/isbn/978-620-3-03477-6>



- Belizario, G., Huaquisto, E., & Chirinos, T. (2013). Influencia del cambio climático en los elementos climáticos de la cuenca del río Coata-Puno. *Revista Investigaciones Altoandinas*, 15(1), 35–54.
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5607224>
- Cachay, R. (2014). *Diseño de mezclas del concreto* (p. 51). Universidad Nacional de Ingeniería.
- Catacora, O. A. (2015). *Influencia de coberturas orgánicas, en el proceso de fraguado de concreto en épocas de heladas en el distrito de José Domingo Choquehuanca - Azángaro* [Universidad Nacional del Altiplano].
http://repositorio.unap.edu.pe/bitstream/handle/UNAP/4591/Catacora_Ccama_Oscar_Alberto.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Cerdán, J., Valdez, K., & Vega, J. (2014). *Concreto en climas fríos* (p. 15). Universidad Privada del Norte.
- Cervantes, A. (2008). Nuevas tecnologías en concretos: Concreto celular - concreto reforzado con fibra - concreto ligero estructural. *Congreso Nacional de Administración y Tecnología Para La Arquitectura, Ingeniería y Diseño*, 141–162.
- Chavarry, G. (2018). *Elaboración de concreto de alta resistencia incorporando partículas residuales del chancado de piedra de la cantera Talambo, Chepén* [Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo].
http://54.165.197.99/bitstream/20.500.12423/1340/1/TL_ChavarryBoyGuido.pdf.pdf
- Contreras, S. R., & Velazco, C. A. (2018). *Análisis comparativo del método de curado en especímenes de losas de concreto simple, simulando condiciones constructivas de obra en la ciudad de Arequipa* [Universidad Nacional San Agustín].
<http://repositorio.unsa.edu.pe/bitstream/handle/UNSA/5522/ICcoussr.pdf?sequence>



e=1&isAllowed=y

- Cruzado, H. Y., & Rivera, B. (2019). *Influencia de tipos de incorporador de aire sobre el asentamiento, aire total, absorción, peso unitario y compresión del concreto a bajas temperaturas*. Universidad Nacional de Trujillo.
- Díaz Coronel, C. J. (2013). *Tecnología del Concreto: Naturaleza del concreto* (Vol. 1). <https://www.mendeley.com/viewer/?fileId=3e816d3c-793f-9159-58c6-dade6cfb059b&documentId=38eadb63-1ad8-3e2c-875c-c7bcceb87f99>
- Díaz, J. (2019). *Semillero de investigación: "Alteraciones que producen el ciclo hielo-deshielo y los ataques por sulfatos en el concreto."* Universidad Santo Tomás.
- Enseñat, A. (1977). La industria del cemento dentro de la problemática de la contaminación atmosférica. *Materiales de Construcción*, 27(166–167), 221–241. <https://doi.org/10.3989/mc.1977.v27.i166-167.1180>
- FAO. (2010). El daño producido por las heladas: Fisiología y Temperaturas críticas. In *Protección contra las heladas: Fundamentos, práctica y economía* (Segunda ed, pp. 73–98). FAO. <http://www.fao.org/docrep/012/y7223s/y7223s00.htm>
- Giraldo, O. (2003). *Manual de agregados para el hormigón* (Universidad Nacional de Colombia (ed.); Segunda ed). <http://www.unalmed.edu.co/~ogiraldo/archivos/laboratorio/agregados.pdf>
- Gómez L., M. S., & Vidal A., S. (2006). Influencia en la resistencia a compresión de hormigones por efecto de la temperatura ambiente. *Revista de La Construcción*, 5(1), 56–61.
- Guzmán, V. E. (2009). *Manual de prácticas de concreto hidráulico*. Universidad Veracruzana.
- Hamze, Y. (2014). Concrete durability in harsh environmental conditions exposed to freeze thaw cycles. *Physics Procedia*, 55, 265–270.



- <https://doi.org/10.1016/j.phpro.2014.07.038>
- Huaquisto, S., & Belizario, G. (2018). Utilización de la ceniza volante en la dosificación del concreto como sustituto del cemento. *Revista de Investigaciones Altoandinas*, 20(2), 225–234. <https://doi.org/10.18271/ria.2018.366>
- Huerta, C. A. (2013). Diseño de mezclas de concreto. *Universidad Cesar Vallejo*, 1(1), 16.
- INEI. (2002). *Actualización del impacto de las tecnologías de información y comunicación en el Perú* (p. 83). Instituto Nacional de Estadística e Informática.
- Laura, S. (2006). *Diseño de Mezclas de Concreto*.
- Legal, R. C. (2005). *Hormigonado en tiempo frío* [Universidad Austral de Chile]. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov.myaccess.library.utoronto.ca/pubmed/11720961>
- Lozano, O., De Cea, A., De León, Z., & Farrera, A. (2007). Influencia de la temperatura ambiental en las propiedades del concreto hidráulico. *Ingeniería*, 11(2), 13–20.
- Medina, L. D., & Quispe, N. S. (2017). *Protección óptima en el proceso de curado y su influencia en la resistencia de los concretos expuestos a ciclos de congelamiento y deshielo* [Universidad Nacional de San Agustín]. http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-46342008000400009
- Merlin, L. (2002). Dosificar y preparar mortero y hormigón. In *Cemento* (p. 6).
- Morales, M. A. (2011). *Protección y curado del concreto*. Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo.
- Ñaupas, H., Valdivia, M. R., Palacios, J. J., & Romero, H. E. (2018). *Metodología de la investigación cuantitativa - cualitativa y redacción de la tesis* (5a edición). Ediciones de la U. <https://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>
- Neville, A. M., & Brooks, J. J. (2010). *Tecnología del concreto* (Second edi). Prentice



Hall PEARSON.

- Oré Torre, J. (2014). Manual de preparación, colocación y cuidados del concreto. In *SENCICO*.
- Ortiz, J. A., Aguado, A., Zermeño, M. E., & Alonso, F. A. (2007). Influencia de la temperatura ambiental en las propiedades del concreto hidráulico. *Artículo de Ingeniería, 11*(2), 13–20.
- Ottazzi Pasino, G. A. (2014). Material de apoyo para la enseñanza de los cursos de diseño y comportamiento del concreto armado. In *Pontificia Universidad Católica del Perú*. Pontificia Universidad Católica del Perú.
- Páez Moreno, D. F., Leal Moreno, V. E., & Restrepo Burgos, M. (2009). Influencia de los ciclos hielo-deshielo en la resistencia del concreto (Caso Tunja). *Revista Ingenierías Universidad de Medellín, 8*(15), 95–110.
- Polanco, A. (2012). *Manual de prácticas de laboratorio de concreto*.
- Portugal Barriga, P. (2007). *Tecnología del concreto de alto desempeño*. EDF.
- Reilly Díaz, V., Bancrofft Hernández, R., & Ruiz Gutiérrez, L. (2010). Las tecnologías del concreto en su ciclo de vida. *Concreto y Cemento: Investigación y Desarrollo, 1*(2), 42–47.
- Rivva, E. (2000). Naturaleza y Materiales del concreto. In *ACI Perú*. www.ucacue.edu.ec
- Ruíz, Y., Rosa, E. R., Sánchez, S., Castillo, L., Martirena, J. F., & Suppen, N. (2017). Análisis de ecoeficiencia de la producción de cementos de bajo carbono mediante la sustitución de clinker. *Centro Azúcar, 44*(2), 77–88.
- SENAMHI. (2018). Condiciones climáticas Diciembre 2017 y prespectivas para el periodo Enero-Marzo 2018. In *Informe técnico* (No. 4).
- Speicher, M. B. (2007). Pérdida de consistencia del concreto en el tiempo a temperaturas inferiores o cercanas a cero. In *Universidad Ricardo Palma*. Universidad Ricardo



Palma.

Torre, A. (2004). *Curso básico de tecnología del concreto*.

Torres Serrano, G. (2012). Concreto hidráulico: Usos y aplicaciones. In *Universidad de Costa Rica. Escuela de Ingeniería Civil*. Universidad de Costa Rica.

Valarezo M., R. (2007). *Fundamentos del concreto*. 57.

Yaphary, Y. L., Lam, R. H. W., & Lau, D. (2017). Chemical technologies for modern concrete production. *Procedia Engineering*, 172, 1270–1277.
<https://doi.org/10.1016/j.proeng.2017.02.150>

Zabaleta, H. (1988). *Compendio de Tecnología del Hormigón* (p. 135). Instituto Chileno del Cemento y del Hormigón.



ANEXOS



Anexo A: Resumen de la temperatura mensual total de la zona de estudio

Date Time, GMT - 0500	Temp, °F	RH, %	Temp, °C	Date Time, GMT - 0500	Temp, °F	RH, %	Temp, °C	Date Time, GMT - 0500	Temp, °F	RH, %	Temp, °C
2021-07-19 00:00:00	25.63	75.25	-3.54	2021-07-29 00:00:00	26.48	51.83	-3.06	2021-08-08 00:00:00	24.88	51.76	-3.96
2021-07-19 01:00:00	24.45	79.74	-4.20	2021-07-29 01:00:00	24.28	57.35	-4.29	2021-08-08 01:00:00	23.35	52.40	-4.80
2021-07-19 02:00:00	24.93	75.18	-3.93	2021-07-29 02:00:00	19.99	57.43	-6.67	2021-08-08 02:00:00	20.84	54.13	-6.20
2021-07-19 03:00:00	24.23	69.95	-4.32	2021-07-29 03:00:00	18.95	59.67	-7.25	2021-08-08 03:00:00	18.07	57.82	-7.74
2021-07-19 04:00:00	22.64	74.35	-5.20	2021-07-29 04:00:00	20.96	63.41	-6.14	2021-08-08 04:00:00	18.13	57.50	-7.71
2021-07-19 05:00:00	23.02	70.71	-4.99	2021-07-29 05:00:00	17.60	62.65	-8.00	2021-08-08 05:00:00	15.80	61.31	-9.00
2021-07-19 06:00:00	18.60	66.14	-7.45	2021-07-29 06:00:00	17.06	67.88	-8.30	2021-08-08 06:00:00	14.33	64.60	-9.82
2021-07-19 07:00:00	36.31	51.22	2.40	2021-07-29 07:00:00	35.01	48.27	1.67	2021-08-08 07:00:00	39.41	42.17	4.12
2021-07-19 08:00:00	58.50	28.32	14.72	2021-07-29 08:00:00	54.91	26.54	12.73	2021-08-08 08:00:00	55.60	24.07	13.11
2021-07-19 09:00:00	56.90	30.06	13.83	2021-07-29 09:00:00	57.46	24.34	14.15	2021-08-08 09:00:00	59.01	19.70	15.01
2021-07-19 10:00:00	63.39	24.51	17.44	2021-07-29 10:00:00	62.83	23.15	17.13	2021-08-08 10:00:00	61.33	15.43	16.30
2021-07-19 11:00:00	66.60	16.90	19.22	2021-07-29 11:00:00	68.01	17.60	20.01	2021-08-08 11:00:00	66.77	14.43	19.32
2021-07-19 12:00:00	64.72	9.08	18.18	2021-07-29 12:00:00	66.94	17.41	19.41	2021-08-08 12:00:00	70.59	12.21	21.44
2021-07-19 13:00:00	70.67	7.81	21.49	2021-07-29 13:00:00	68.70	15.43	20.39	2021-08-08 13:00:00	68.61	11.70	20.34
2021-07-19 14:00:00	66.47	9.55	19.15	2021-07-29 14:00:00	70.42	13.18	21.34	2021-08-08 14:00:00	68.10	11.77	20.06
2021-07-19 15:00:00	63.56	12.53	17.53	2021-07-29 15:00:00	63.95	15.77	17.75	2021-08-08 15:00:00	67.80	9.01	19.89
2021-07-19 16:00:00	58.80	15.50	14.89	2021-07-29 16:00:00	58.24	18.95	14.58	2021-08-08 16:00:00	63.90	10.28	17.72
2021-07-19 17:00:00	55.73	18.87	13.18	2021-07-29 17:00:00	54.13	22.24	12.29	2021-08-08 17:00:00	57.16	13.87	13.98
2021-07-19 18:00:00	49.47	33.08	9.71	2021-07-29 18:00:00	47.02	27.37	8.34	2021-08-08 18:00:00	45.85	21.02	7.69
2021-07-19 19:00:00	45.99	36.62	7.77	2021-07-29 19:00:00	42.98	30.96	6.10	2021-08-08 19:00:00	42.11	24.27	5.62
2021-07-19 20:00:00	39.27	42.41	4.04	2021-07-29 20:00:00	39.78	34.74	4.32	2021-08-08 20:00:00	36.27	32.06	2.37
2021-07-19 21:00:00	33.34	43.51	0.74	2021-07-29 21:00:00	34.86	41.75	1.59	2021-08-08 21:00:00	32.69	35.09	0.38
2021-07-19 22:00:00	32.94	48.64	0.52	2021-07-29 22:00:00	38.08	40.04	3.38	2021-08-08 22:00:00	31.64	35.40	-0.20
2021-07-19 23:00:00	28.22	50.34	-2.10	2021-07-29 23:00:00	35.20	39.68	1.78	2021-08-08 23:00:00	27.49	38.31	-2.51
2021-07-20 00:00:00	25.63	55.01	-3.54	2021-07-30 00:00:00	32.64	44.05	0.36	2021-08-09 00:00:00	23.90	43.07	-4.50
2021-07-20 01:00:00	26.27	56.38	-3.18	2021-07-30 01:00:00	31.04	46.56	-0.54	2021-08-09 01:00:00	21.35	44.36	-5.92
2021-07-20 02:00:00	25.58	61.50	-3.57	2021-07-30 02:00:00	26.43	51.64	-3.09	2021-08-09 02:00:00	19.01	49.20	-7.22
2021-07-20 03:00:00	23.57	61.53	-4.68	2021-07-30 03:00:00	23.68	54.52	-4.62	2021-08-09 03:00:00	17.01	52.88	-8.33
2021-07-20 04:00:00	22.19	65.12	-5.45	2021-07-30 04:00:00	20.16	56.35	-6.58	2021-08-09 04:00:00	16.17	53.35	-8.80
2021-07-20 05:00:00	24.12	60.99	-4.38	2021-07-30 05:00:00	20.22	59.06	-6.55	2021-08-09 05:00:00	14.64	57.13	-9.64
2021-07-20 06:00:00	25.36	60.89	-3.69	2021-07-30 06:00:00	18.25	58.69	-7.64	2021-08-09 06:00:00	13.96	57.33	-10.02
2021-07-20 07:00:00	30.53	56.08	-0.82	2021-07-30 07:00:00	38.32	43.02	3.51	2021-08-09 07:00:00	38.13	36.75	3.41
2021-07-20 08:00:00	46.30	31.86	7.95	2021-07-30 08:00:00	54.26	27.49	12.36	2021-08-09 08:00:00	53.95	22.24	12.19
2021-07-20 09:00:00	56.12	18.75	13.40	2021-07-30 09:00:00	58.80	20.53	14.89	2021-08-09 09:00:00	58.37	19.41	14.65
2021-07-20 10:00:00	63.35	16.50	17.42	2021-07-30 10:00:00	64.29	21.44	17.94	2021-08-09 10:00:00	62.88	15.31	17.15
2021-07-20 11:00:00	68.70	16.75	20.39	2021-07-30 11:00:00	68.10	17.75	20.06	2021-08-09 11:00:00	69.47	14.58	20.82
2021-07-20 12:00:00	70.89	13.21	21.60	2021-07-30 12:00:00	64.89	19.70	18.27	2021-08-09 12:00:00	73.08	11.43	22.82
2021-07-20 13:00:00	61.12	17.04	16.18	2021-07-30 13:00:00	68.57	16.04	20.32	2021-08-09 13:00:00	72.70	11.62	22.61
2021-07-20 14:00:00	60.39	17.41	15.77	2021-07-30 14:00:00	69.39	14.75	20.77	2021-08-09 14:00:00	71.32	9.84	21.84
2021-07-20 15:00:00	56.60	18.87	13.67	2021-07-30 15:00:00	65.32	17.29	18.51	2021-08-09 15:00:00	65.96	14.04	18.87
2021-07-20 16:00:00	53.52	29.23	11.95	2021-07-30 16:00:00	61.38	22.17	16.32	2021-08-09 16:00:00	62.49	17.55	16.94
2021-07-20 17:00:00	48.81	33.25	9.34	2021-07-30 17:00:00	55.30	31.52	12.94	2021-08-09 17:00:00	55.73	21.17	13.18
2021-07-20 18:00:00	47.42	35.72	8.57	2021-07-30 18:00:00	51.90	29.18	11.05	2021-08-09 18:00:00	49.43	24.22	9.68
2021-07-20 19:00:00	41.65	43.95	5.36	2021-07-30 19:00:00	47.38	31.06	8.54	2021-08-09 19:00:00	41.92	31.35	5.51
2021-07-20 20:00:00	39.74	44.68	4.30	2021-07-30 20:00:00	44.13	33.82	6.74	2021-08-09 20:00:00	34.86	34.06	1.59
2021-07-20 21:00:00	30.58	47.32	-0.79	2021-07-30 21:00:00	41.32	36.70	5.18	2021-08-09 21:00:00	34.96	34.18	1.64
2021-07-20 22:00:00	25.36	50.17	-3.69	2021-07-30 22:00:00	37.80	40.68	3.22	2021-08-09 22:00:00	32.64	34.45	0.36
2021-07-20 23:00:00	22.02	57.62	-5.54	2021-07-30 23:00:00	31.94	46.80	-0.03	2021-08-09 23:00:00	28.42	40.24	-1.99
2021-07-21 00:00:00	17.89	59.43	-7.84	2021-07-31 00:00:00	31.69	50.49	-0.17	2021-08-10 00:00:00	23.74	46.46	-4.59
2021-07-21 01:00:00	18.95	58.43	-7.25	2021-07-31 01:00:00	27.28	52.71	-2.62	2021-08-10 01:00:00	22.25	48.81	-5.42
2021-07-21 02:00:00	16.23	66.39	-8.76	2021-07-31 02:00:00	25.15	59.57	-3.81	2021-08-10 02:00:00	21.18	46.83	-6.01
2021-07-21 03:00:00	12.76	67.70	-10.69	2021-07-31 03:00:00	23.24	58.16	-4.86	2021-08-10 03:00:00	19.12	50.47	-7.15
2021-07-21 04:00:00	11.23	65.75	-11.54	2021-07-31 04:00:00	20.61	59.84	-6.33	2021-08-10 04:00:00	17.30	52.22	-8.17
2021-07-21 05:00:00	10.51	62.77	-11.94	2021-07-31 05:00:00	20.50	64.95	-6.39	2021-08-10 05:00:00	15.92	54.72	-8.93
2021-07-21 06:00:00	9.65	61.28	-12.42	2021-07-31 06:00:00	19.12	70.66	-7.15	2021-08-10 06:00:00	15.86	56.08	-8.97
2021-07-21 07:00:00	33.58	44.29	0.88	2021-07-31 07:00:00	39.69	46.58	4.27	2021-08-10 07:00:00	23.79	54.76	-4.56
2021-07-21 08:00:00	59.19	22.10	15.10	2021-07-31 08:00:00	54.30	29.27	12.39	2021-08-10 08:00:00	46.35	33.77	7.97
2021-07-21 09:00:00	54.39	21.17	12.44	2021-07-31 09:00:00	57.33	27.08	14.07	2021-08-10 09:00:00	57.76	27.61	14.31
2021-07-21 10:00:00	61.50	16.41	16.39	2021-07-31 10:00:00	62.02	23.29	16.68	2021-08-10 10:00:00	65.79	26.81	18.77
2021-07-21 11:00:00	68.31	11.16	20.17	2021-07-31 11:00:00	66.60	15.43	19.22	2021-08-10 11:00:00	70.24	21.44	21.25
2021-07-21 12:00:00	66.30	10.84	19.06	2021-07-31 12:00:00	69.56	12.16	20.86	2021-08-10 12:00:00	70.33	19.14	21.29
2021-07-21 13:00:00	65.53	11.06	18.63	2021-07-31 13:00:00	70.33	11.18	21.29	2021-08-10 13:00:00	70.84	14.53	21.58



2021-07-21 14:00:00	64.89	11.62	18.27	2021-07-31 14:00:00	68.14	6.98	20.08	2021-08-10 14:00:00	69.64	13.40	20.91
2021-07-21 15:00:00	62.45	13.21	16.92	2021-07-31 15:00:00	62.83	6.20	17.13	2021-08-10 15:00:00	66.22	17.21	19.01
2021-07-21 16:00:00	58.80	14.26	14.89	2021-07-31 16:00:00	57.20	6.89	14.00	2021-08-10 16:00:00	63.65	18.75	17.58
2021-07-21 17:00:00	52.25	21.97	11.25	2021-07-31 17:00:00	52.16	7.62	11.20	2021-08-10 17:00:00	57.20	21.61	14.00
2021-07-21 18:00:00	43.12	29.54	6.18	2021-07-31 18:00:00	46.84	11.65	8.24	2021-08-10 18:00:00	50.62	21.00	10.34
2021-07-21 19:00:00	38.27	33.45	3.49	2021-07-31 19:00:00	40.95	19.12	4.97	2021-08-10 19:00:00	43.67	24.02	6.48
2021-07-21 20:00:00	33.98	37.38	1.10	2021-07-31 20:00:00	36.94	21.80	2.74	2021-08-10 20:00:00	37.80	30.86	3.22
2021-07-21 21:00:00	30.22	40.73	-0.99	2021-07-31 21:00:00	32.44	30.81	0.25	2021-08-10 21:00:00	36.02	34.57	2.24
2021-07-21 22:00:00	25.85	47.32	-3.42	2021-07-31 22:00:00	32.54	29.86	0.30	2021-08-10 22:00:00	31.14	36.33	-0.48
2021-07-21 23:00:00	23.85	52.10	-4.53	2021-07-31 23:00:00	25.85	34.21	-3.42	2021-08-10 23:00:00	27.01	41.19	-2.77
2021-07-22 00:00:00	22.97	54.69	-5.02	2021-08-01 00:00:00	21.69	37.48	-5.73	2021-08-11 00:00:00	25.15	43.41	-3.81
2021-07-22 01:00:00	20.44	57.96	-6.42	2021-08-01 01:00:00	23.68	37.94	-4.62	2021-08-11 01:00:00	21.35	49.95	-5.92
2021-07-22 02:00:00	18.83	62.41	-7.32	2021-08-01 02:00:00	21.01	39.11	-6.10	2021-08-11 02:00:00	20.10	51.10	-6.61
2021-07-22 03:00:00	17.78	64.75	-7.90	2021-08-01 03:00:00	18.95	42.51	-7.25	2021-08-11 03:00:00	18.60	51.81	-7.45
2021-07-22 04:00:00	16.17	69.71	-8.80	2021-08-01 04:00:00	17.06	44.56	-8.30	2021-08-11 04:00:00	17.66	54.32	-7.97
2021-07-22 05:00:00	15.01	71.10	-9.44	2021-08-01 05:00:00	16.59	46.00	-8.56	2021-08-11 05:00:00	15.92	58.79	-8.93
2021-07-22 06:00:00	15.38	72.69	-9.24	2021-08-01 06:00:00	15.68	45.56	-9.07	2021-08-11 06:00:00	14.89	55.84	-9.51
2021-07-22 07:00:00	33.83	48.27	1.02	2021-08-01 07:00:00	34.66	34.18	1.48	2021-08-11 07:00:00	38.75	40.60	3.75
2021-07-22 08:00:00	58.71	24.93	14.84	2021-08-01 08:00:00	50.97	20.68	10.54	2021-08-11 08:00:00	52.55	25.32	11.42
2021-07-22 09:00:00	58.80	23.22	14.89	2021-08-01 09:00:00	57.51	17.29	14.17	2021-08-11 09:00:00	59.53	20.22	15.29
2021-07-22 10:00:00	64.03	24.15	17.80	2021-08-01 10:00:00	62.53	20.75	16.96	2021-08-11 10:00:00	67.50	22.68	19.72
2021-07-22 11:00:00	67.46	21.14	19.70	2021-08-01 11:00:00	58.11	27.08	14.51	2021-08-11 11:00:00	65.02	23.27	18.34
2021-07-22 12:00:00	69.39	16.38	20.77	2021-08-01 12:00:00	65.32	22.12	18.51	2021-08-11 12:00:00	61.12	23.71	16.18
2021-07-22 13:00:00	61.72	21.24	16.51	2021-08-01 13:00:00	61.68	26.27	16.49	2021-08-11 13:00:00	66.04	17.14	18.91
2021-07-22 14:00:00	64.37	18.34	17.99	2021-08-01 14:00:00	60.30	24.68	15.72	2021-08-11 14:00:00	65.02	19.22	18.34
2021-07-22 15:00:00	61.50	22.56	16.39	2021-08-01 15:00:00	54.08	48.54	12.27	2021-08-11 15:00:00	64.89	18.09	18.27
2021-07-22 16:00:00	57.07	23.78	13.93	2021-08-01 16:00:00	52.03	41.51	11.13	2021-08-11 16:00:00	62.19	18.68	16.77
2021-07-22 17:00:00	53.08	26.44	11.71	2021-08-01 17:00:00	50.66	42.21	10.37	2021-08-11 17:00:00	54.47	27.78	12.49
2021-07-22 18:00:00	46.48	47.83	8.05	2021-08-01 18:00:00	44.36	54.06	6.86	2021-08-11 18:00:00	49.83	26.03	9.90
2021-07-22 19:00:00	37.99	53.67	3.33	2021-08-01 19:00:00	42.98	63.77	6.10	2021-08-11 19:00:00	41.83	32.23	5.46
2021-07-22 20:00:00	33.88	67.17	1.04	2021-08-01 20:00:00	43.03	67.51	6.13	2021-08-11 20:00:00	39.41	34.96	4.12
2021-07-22 21:00:00	30.73	67.73	-0.70	2021-08-01 21:00:00	37.85	75.76	3.25	2021-08-11 21:00:00	35.30	40.31	1.83
2021-07-22 22:00:00	29.35	72.90	-1.47	2021-08-01 22:00:00	33.58	78.20	0.88	2021-08-11 22:00:00	28.01	44.49	-2.22
2021-07-22 23:00:00	24.93	76.18	-3.93	2021-08-01 23:00:00	29.46	73.10	-1.41	2021-08-11 23:00:00	28.48	45.83	-1.96
2021-07-23 00:00:00	24.72	76.76	-4.05	2021-08-02 00:00:00	31.24	81.21	-0.42	2021-08-12 00:00:00	24.34	51.74	-4.26
2021-07-23 01:00:00	21.86	74.78	-5.64	2021-08-02 01:00:00	31.24	80.72	-0.42	2021-08-12 01:00:00	23.74	54.54	-4.59
2021-07-23 02:00:00	21.52	77.76	-5.82	2021-08-02 02:00:00	29.76	78.01	-1.24	2021-08-12 02:00:00	21.12	60.18	-6.04
2021-07-23 03:00:00	18.66	80.16	-7.41	2021-08-02 03:00:00	29.46	79.13	-1.41	2021-08-12 03:00:00	20.61	59.40	-6.33
2021-07-23 04:00:00	17.48	82.28	-8.07	2021-08-02 04:00:00	29.71	83.35	-1.27	2021-08-12 04:00:00	19.70	59.43	-6.83
2021-07-23 05:00:00	16.65	83.31	-8.53	2021-08-02 05:00:00	30.07	83.11	-1.07	2021-08-12 05:00:00	17.84	64.70	-7.87
2021-07-23 06:00:00	16.47	78.08	-8.63	2021-08-02 06:00:00	31.59	80.86	-0.23	2021-08-12 06:00:00	14.89	63.50	-9.51
2021-07-23 07:00:00	35.20	58.96	1.78	2021-08-02 07:00:00	36.17	66.19	2.32	2021-08-12 07:00:00	39.69	43.26	4.27
2021-07-23 08:00:00	59.19	33.25	15.10	2021-08-02 08:00:00	43.03	60.16	6.13	2021-08-12 08:00:00	56.47	25.05	13.59
2021-07-23 09:00:00	57.72	36.28	14.29	2021-08-02 09:00:00	54.69	44.05	12.61	2021-08-12 09:00:00	61.76	20.61	16.53
2021-07-23 10:00:00	64.93	26.47	18.30	2021-08-02 10:00:00	63.60	31.28	17.56	2021-08-12 10:00:00	65.92	16.90	18.84
2021-07-23 11:00:00	68.83	17.24	20.46	2021-08-02 11:00:00	61.89	29.13	16.61	2021-08-12 11:00:00	67.80	15.48	19.89
2021-07-23 12:00:00	65.74	14.38	18.75	2021-08-02 12:00:00	65.15	22.17	18.41	2021-08-12 12:00:00	69.60	12.50	20.89
2021-07-23 13:00:00	71.15	10.84	21.75	2021-08-02 13:00:00	66.47	18.09	19.15	2021-08-12 13:00:00	69.81	10.86	21.01
2021-07-23 14:00:00	66.09	10.99	18.94	2021-08-02 14:00:00	59.70	21.22	15.39	2021-08-12 14:00:00	65.92	11.08	18.84
2021-07-23 15:00:00	60.47	15.82	15.82	2021-08-02 15:00:00	57.98	23.51	14.43	2021-08-12 15:00:00	63.30	9.47	17.39
2021-07-23 16:00:00	57.46	19.58	14.15	2021-08-02 16:00:00	52.73	27.13	11.52	2021-08-12 16:00:00	59.10	12.50	15.06
2021-07-23 17:00:00	54.17	23.51	12.32	2021-08-02 17:00:00	46.39	49.51	8.00	2021-08-12 17:00:00	53.08	16.02	11.71
2021-07-23 18:00:00	51.11	27.96	10.61	2021-08-02 18:00:00	42.71	58.57	5.95	2021-08-12 18:00:00	46.53	21.36	8.07
2021-07-23 19:00:00	45.99	35.60	7.77	2021-08-02 19:00:00	42.34	64.73	5.74	2021-08-12 19:00:00	40.67	26.98	4.82
2021-07-23 20:00:00	37.99	39.94	3.33	2021-08-02 20:00:00	40.02	69.10	4.45	2021-08-12 20:00:00	38.18	34.89	3.43
2021-07-23 21:00:00	36.31	44.83	2.40	2021-08-02 21:00:00	37.42	72.54	3.01	2021-08-12 21:00:00	32.64	40.48	0.36
2021-07-23 22:00:00	32.59	46.98	0.33	2021-08-02 22:00:00	34.57	65.60	1.43	2021-08-12 22:00:00	30.48	43.97	-0.85
2021-07-23 23:00:00	28.68	48.05	-1.84	2021-08-02 23:00:00	30.12	77.59	-1.04	2021-08-12 23:00:00	36.84	42.34	2.69
2021-07-24 00:00:00	25.15	54.08	-3.81	2021-08-03 00:00:00	26.22	76.74	-3.21	2021-08-13 00:00:00	31.44	44.51	-0.31
2021-07-24 01:00:00	19.18	58.65	-7.12	2021-08-03 01:00:00	23.57	78.64	-4.68	2021-08-13 01:00:00	26.96	49.15	-2.80
2021-07-24 02:00:00	19.64	65.19	-6.87	2021-08-03 02:00:00	21.69	85.11	-5.73	2021-08-13 02:00:00	25.09	52.15	-3.84
2021-07-24 03:00:00	19.06	59.99	-7.19	2021-08-03 03:00:00	20.10	70.76	-6.61	2021-08-13 03:00:00	22.25	56.91	-5.42
2021-07-24 04:00:00	16.41	67.39	-8.66	2021-08-03 04:00:00	19.24	80.50	-7.09	2021-08-13 04:00:00	18.60	63.97	-7.45
2021-07-24 05:00:00	16.17	67.61	-8.80	2021-08-03 05:00:00	19.64	80.94	-6.87	2021-08-13 05:00:00	14.82	66.83	-9.54
2021-07-24 06:00:00	15.50	72.73	-9.17	2021-08-03 06:00:00	19.81	78.84	-6.77	2021-08-13 06:00:00	11.68	60.04	-11.29



2021-07-24 07:00:00	35.83	44.68	2.13	2021-08-03 07:00:00	23.74	80.21	-4.59	2021-08-13 07:00:00	37.99	40.99	3.33
2021-07-24 08:00:00	60.47	22.29	15.82	2021-08-03 08:00:00	38.04	59.01	3.35	2021-08-13 08:00:00	54.95	25.03	12.75
2021-07-24 09:00:00	59.53	22.27	15.29	2021-08-03 09:00:00	51.46	46.24	10.81	2021-08-13 09:00:00	58.84	20.44	14.91
2021-07-24 10:00:00	66.09	15.87	18.94	2021-08-03 10:00:00	56.86	37.62	13.81	2021-08-13 10:00:00	62.06	15.04	16.70
2021-07-24 11:00:00	67.41	15.72	19.67	2021-08-03 11:00:00	64.20	30.89	17.89	2021-08-13 11:00:00	66.64	9.77	19.25
2021-07-24 12:00:00	71.10	14.06	21.72	2021-08-03 12:00:00	61.20	27.25	16.22	2021-08-13 12:00:00	69.47	9.23	20.82
2021-07-24 13:00:00	68.96	12.57	20.53	2021-08-03 13:00:00	57.25	30.37	14.03	2021-08-13 13:00:00	69.30	6.79	20.72
2021-07-24 14:00:00	63.26	15.14	17.37	2021-08-03 14:00:00	42.20	55.08	5.67	2021-08-13 14:00:00	69.04	6.91	20.58
2021-07-24 15:00:00	58.02	19.31	14.46	2021-08-03 15:00:00	48.76	49.64	9.31	2021-08-13 15:00:00	68.10	6.59	20.06
2021-07-24 16:00:00	54.99	24.64	12.77	2021-08-03 16:00:00	38.84	76.57	3.80	2021-08-13 16:00:00	61.98	12.55	16.65
2021-07-24 17:00:00	51.59	29.49	10.88	2021-08-03 17:00:00	35.35	85.23	1.86	2021-08-13 17:00:00	55.65	18.90	13.14
2021-07-24 18:00:00	48.32	33.40	9.06	2021-08-03 18:00:00	37.42	78.20	3.01	2021-08-13 18:00:00	47.38	23.17	8.54
2021-07-24 19:00:00	41.04	48.71	5.02	2021-08-03 19:00:00	34.86	85.65	1.59	2021-08-13 19:00:00	40.02	28.35	4.45
2021-07-24 20:00:00	40.81	46.98	4.90	2021-08-03 20:00:00	35.15	83.23	1.75	2021-08-13 20:00:00	34.86	35.45	1.59
2021-07-24 21:00:00	41.04	45.83	5.02	2021-08-03 21:00:00	35.25	81.25	1.80	2021-08-13 21:00:00	30.28	38.65	-0.96
2021-07-24 22:00:00	40.95	49.71	4.97	2021-08-03 22:00:00	34.71	82.89	1.51	2021-08-13 22:00:00	26.75	44.24	-2.92
2021-07-24 23:00:00	38.84	64.68	3.80	2021-08-03 23:00:00	34.57	83.62	1.43	2021-08-13 23:00:00	22.14	46.00	-5.48
2021-07-25 00:00:00	32.39	65.24	0.22	2021-08-04 00:00:00	33.88	87.29	1.04	2021-08-14 00:00:00	17.30	50.34	-8.17
2021-07-25 01:00:00	28.48	70.27	-1.96	2021-08-04 01:00:00	33.73	90.34	0.96	2021-08-14 01:00:00	14.02	47.46	-9.99
2021-07-25 02:00:00	29.30	69.51	-1.50	2021-08-04 02:00:00	33.48	88.95	0.82	2021-08-14 02:00:00	10.97	53.54	-11.69
2021-07-25 03:00:00	27.96	67.34	-2.25	2021-08-04 03:00:00	32.74	92.51	0.41	2021-08-14 03:00:00	8.78	58.62	-12.90
2021-07-25 04:00:00	27.33	75.93	-2.60	2021-08-04 04:00:00	32.99	90.58	0.55	2021-08-14 04:00:00	7.90	56.16	-13.39
2021-07-25 05:00:00	27.54	70.93	-2.48	2021-08-04 05:00:00	32.44	87.94	0.25	2021-08-14 05:00:00	4.52	55.15	-15.26
2021-07-25 06:00:00	27.01	70.88	-2.77	2021-08-04 06:00:00	31.39	89.09	-0.34	2021-08-14 06:00:00	4.60	54.96	-15.22
2021-07-25 07:00:00	29.61	73.00	-1.33	2021-08-04 07:00:00	34.57	86.60	1.43	2021-08-14 07:00:00	32.64	34.55	0.36
2021-07-25 08:00:00	45.71	57.55	7.62	2021-08-04 08:00:00	37.94	79.42	3.30	2021-08-14 08:00:00	50.00	20.07	10.00
2021-07-25 09:00:00	47.87	42.07	8.82	2021-08-04 09:00:00	43.94	72.25	6.64	2021-08-14 09:00:00	55.69	14.43	13.16
2021-07-25 10:00:00	54.34	32.20	12.41	2021-08-04 10:00:00	49.47	59.74	9.71	2021-08-14 10:00:00	63.90	7.67	17.72
2021-07-25 11:00:00	61.29	25.07	16.27	2021-08-04 11:00:00	52.16	53.30	11.20	2021-08-14 11:00:00	66.56	9.01	19.20
2021-07-25 12:00:00	61.55	22.58	16.42	2021-08-04 12:00:00	54.04	46.88	12.24	2021-08-14 12:00:00	68.27	7.91	20.15
2021-07-25 13:00:00	57.72	22.73	14.29	2021-08-04 13:00:00	57.29	35.40	14.05	2021-08-14 13:00:00	70.54	5.35	21.41
2021-07-25 14:00:00	63.30	19.63	17.39	2021-08-04 14:00:00	60.35	31.20	15.75	2021-08-14 14:00:00	69.30	5.79	20.72
2021-07-25 15:00:00	55.91	26.56	13.28	2021-08-04 15:00:00	47.06	43.61	8.37	2021-08-14 15:00:00	66.90	3.30	19.39
2021-07-25 16:00:00	52.42	40.92	11.35	2021-08-04 16:00:00	41.37	60.21	5.21	2021-08-14 16:00:00	60.78	7.59	15.99
2021-07-25 17:00:00	43.40	57.96	6.33	2021-08-04 17:00:00	37.32	78.28	2.96	2021-08-14 17:00:00	54.78	16.58	12.65
2021-07-25 18:00:00	41.23	66.39	5.13	2021-08-04 18:00:00	36.41	80.96	2.45	2021-08-14 18:00:00	45.58	23.07	7.54
2021-07-25 19:00:00	40.06	58.38	4.48	2021-08-04 19:00:00	35.93	82.60	2.18	2021-08-14 19:00:00	37.51	28.54	3.06
2021-07-25 20:00:00	33.29	59.11	0.71	2021-08-04 20:00:00	35.54	81.55	1.97	2021-08-14 20:00:00	33.39	32.06	0.77
2021-07-25 21:00:00	27.28	64.73	-2.62	2021-08-04 21:00:00	33.04	83.65	0.58	2021-08-14 21:00:00	29.82	35.67	-1.21
2021-07-25 22:00:00	25.15	61.55	-3.81	2021-08-04 22:00:00	32.34	85.99	0.19	2021-08-14 22:00:00	29.15	43.12	-1.58
2021-07-25 23:00:00	22.52	66.90	-5.26	2021-08-04 23:00:00	32.94	83.50	0.52	2021-08-14 23:00:00	28.16	41.14	-2.13
2021-07-26 00:00:00	20.78	74.42	-6.23	2021-08-05 00:00:00	31.34	80.91	-0.37	2021-08-15 00:00:00	23.85	40.97	-4.53
2021-07-26 01:00:00	17.72	71.85	-7.93	2021-08-05 01:00:00	30.17	88.56	-1.01	2021-08-15 01:00:00	21.07	44.19	-6.07
2021-07-26 02:00:00	15.92	72.10	-8.93	2021-08-05 02:00:00	25.90	83.75	-3.39	2021-08-15 02:00:00	18.60	48.71	-7.45
2021-07-26 03:00:00	21.01	72.12	-6.10	2021-08-05 03:00:00	24.77	82.28	-4.02	2021-08-15 03:00:00	17.78	47.56	-7.90
2021-07-26 04:00:00	19.18	71.98	-7.12	2021-08-05 04:00:00	21.29	80.18	-5.95	2021-08-15 04:00:00	16.65	49.88	-8.53
2021-07-26 05:00:00	17.89	75.74	-7.84	2021-08-05 05:00:00	20.90	82.70	-6.17	2021-08-15 05:00:00	17.30	53.52	-8.17
2021-07-26 06:00:00	14.58	72.49	-9.68	2021-08-05 06:00:00	17.78	75.74	-7.90	2021-08-15 06:00:00	16.23	52.84	-8.76
2021-07-26 07:00:00	33.78	51.05	0.99	2021-08-05 07:00:00	36.70	61.38	2.61	2021-08-15 07:00:00	33.98	42.17	1.10
2021-07-26 08:00:00	58.28	27.20	14.60	2021-08-05 08:00:00	43.90	52.22	6.61	2021-08-15 08:00:00	54.56	22.24	12.53
2021-07-26 09:00:00	56.60	28.08	13.67	2021-08-05 09:00:00	51.19	49.81	10.66	2021-08-15 09:00:00	58.93	21.73	14.96
2021-07-26 10:00:00	63.13	21.19	17.30	2021-08-05 10:00:00	57.51	39.16	14.17	2021-08-15 10:00:00	66.22	17.07	19.01
2021-07-26 11:00:00	64.89	18.80	18.27	2021-08-05 11:00:00	64.07	31.30	17.82	2021-08-15 11:00:00	69.81	11.38	21.01
2021-07-26 12:00:00	65.23	17.85	18.46	2021-08-05 12:00:00	66.51	26.17	19.17	2021-08-15 12:00:00	71.49	10.60	21.94
2021-07-26 13:00:00	62.88	18.24	17.15	2021-08-05 13:00:00	67.63	14.77	19.79	2021-08-15 13:00:00	71.92	9.96	22.18
2021-07-26 14:00:00	69.00	10.69	20.56	2021-08-05 14:00:00	63.22	14.31	17.34	2021-08-15 14:00:00	62.49	10.96	16.94
2021-07-26 15:00:00	66.04	12.60	18.91	2021-08-05 15:00:00	60.52	14.28	15.84	2021-08-15 15:00:00	67.84	8.25	19.91
2021-07-26 16:00:00	56.56	25.03	13.64	2021-08-05 16:00:00	58.28	15.11	14.60	2021-08-15 16:00:00	65.27	10.60	18.49
2021-07-26 17:00:00	52.90	21.66	11.61	2021-08-05 17:00:00	52.16	21.22	11.20	2021-08-15 17:00:00	57.68	12.84	14.27
2021-07-26 18:00:00	44.45	27.71	6.91	2021-08-05 18:00:00	42.89	29.84	6.05	2021-08-15 18:00:00	46.53	15.02	8.07
2021-07-26 19:00:00	41.42	30.59	5.23	2021-08-05 19:00:00	34.86	37.11	1.59	2021-08-15 19:00:00	40.95	19.97	4.97
2021-07-26 20:00:00	33.68	35.89	0.93	2021-08-05 20:00:00	29.97	40.94	-1.13	2021-08-15 20:00:00	34.37	24.51	1.32
2021-07-26 21:00:00	30.53	42.70	-0.82	2021-08-05 21:00:00	27.85	45.56	-2.30	2021-08-15 21:00:00	29.61	32.72	-1.33
2021-07-26 22:00:00	31.64	42.97	-0.20	2021-08-05 22:00:00	27.75	45.19	-2.36	2021-08-15 22:00:00	29.76	33.11	-1.24
2021-07-26 23:00:00	26.85	45.32	-2.86	2021-08-05 23:00:00	22.25	50.56	-5.42	2021-08-15 23:00:00	22.08	35.79	-5.51



2021-07-27 00:00:00	24.50	49.25	-4.17	2021-08-06 00:00:00	19.01	54.20	-7.22	2021-08-16 00:00:00	18.60	37.94	-7.45
2021-07-27 01:00:00	21.63	55.45	-5.76	2021-08-06 01:00:00	16.65	56.33	-8.53	2021-08-16 01:00:00	14.95	40.41	-9.47
2021-07-27 02:00:00	18.77	54.91	-7.35	2021-08-06 02:00:00	14.52	62.36	-9.71	2021-08-16 02:00:00	15.38	41.29	-9.24
2021-07-27 03:00:00	16.47	57.84	-8.63	2021-08-06 03:00:00	11.87	60.72	-11.18	2021-08-16 03:00:00	12.32	47.83	-10.93
2021-07-27 04:00:00	15.56	58.74	-9.13	2021-08-06 04:00:00	11.68	63.14	-11.29	2021-08-16 04:00:00	10.77	49.25	-11.79
2021-07-27 05:00:00	14.89	59.09	-9.51	2021-08-06 05:00:00	10.97	59.28	-11.69	2021-08-16 05:00:00	7.97	48.78	-13.35
2021-07-27 06:00:00	13.14	69.12	-10.48	2021-08-06 06:00:00	9.18	62.14	-12.68	2021-08-16 06:00:00	6.79	57.52	-14.00
2021-07-27 07:00:00	33.73	46.54	0.96	2021-08-06 07:00:00	34.91	43.78	1.62	2021-08-16 07:00:00	34.71	30.50	1.51
2021-07-27 08:00:00	51.28	26.42	10.71	2021-08-06 08:00:00	50.75	25.71	10.42	2021-08-16 08:00:00	50.05	17.26	10.03
2021-07-27 09:00:00	57.76	22.22	14.31	2021-08-06 09:00:00	55.08	21.61	12.82	2021-08-16 09:00:00	56.43	13.89	13.57
2021-07-27 10:00:00	63.26	18.56	17.37	2021-08-06 10:00:00	63.35	16.26	17.42	2021-08-16 10:00:00	63.22	10.11	17.34
2021-07-27 11:00:00	67.63	16.85	19.79	2021-08-06 11:00:00	66.22	14.58	19.01	2021-08-16 11:00:00	68.61	7.45	20.34
2021-07-27 12:00:00	68.36	12.13	20.20	2021-08-06 12:00:00	67.20	13.06	19.56	2021-08-16 12:00:00	71.10	4.00	21.72
2021-07-27 13:00:00	69.00	12.04	20.56	2021-08-06 13:00:00	64.63	12.65	18.13	2021-08-16 13:00:00	71.79	5.20	22.11
2021-07-27 14:00:00	64.72	12.35	18.18	2021-08-06 14:00:00	62.15	8.77	16.75	2021-08-16 14:00:00	71.23	5.01	21.80
2021-07-27 15:00:00	59.62	14.04	15.34	2021-08-06 15:00:00	61.85	8.89	16.58	2021-08-16 15:00:00	69.17	5.54	20.65
2021-07-27 16:00:00	57.20	15.31	14.00	2021-08-06 16:00:00	60.00	9.20	15.56	2021-08-16 16:00:00	65.10	6.35	18.39
2021-07-27 17:00:00	51.11	18.95	10.61	2021-08-06 17:00:00	55.17	15.06	12.87	2021-08-16 17:00:00	57.51	15.72	14.17
2021-07-27 18:00:00	43.81	24.22	6.56	2021-08-06 18:00:00	42.89	27.83	6.05	2021-08-16 18:00:00	49.56	20.97	9.76
2021-07-27 19:00:00	37.51	28.00	3.06	2021-08-06 19:00:00	37.80	29.30	3.22	2021-08-16 19:00:00	40.20	16.16	4.56
2021-07-27 20:00:00	34.81	32.40	1.56	2021-08-06 20:00:00	34.17	32.99	1.21	2021-08-16 20:00:00	33.39	22.98	0.77
2021-07-27 21:00:00	34.08	33.03	1.15	2021-08-06 21:00:00	29.61	37.92	-1.33	2021-08-16 21:00:00	28.37	23.34	-2.02
2021-07-27 22:00:00	36.12	34.08	2.29	2021-08-06 22:00:00	28.22	40.46	-2.10	2021-08-16 22:00:00	24.50	27.27	-4.17
2021-07-27 23:00:00	34.71	33.89	1.51	2021-08-06 23:00:00	22.69	48.64	-5.17	2021-08-16 23:00:00	22.02	30.69	-5.54
2021-07-28 00:00:00	27.90	40.99	-2.28	2021-08-07 00:00:00	21.97	49.27	-5.57	2021-08-17 00:00:00	20.44	31.94	-6.42
2021-07-28 01:00:00	24.72	44.88	-4.05	2021-08-07 01:00:00	18.71	56.74	-7.38	2021-08-17 01:00:00	16.23	34.87	-8.76
2021-07-28 02:00:00	21.97	46.15	-5.57	2021-08-07 02:00:00	16.47	58.74	-8.63	2021-08-17 02:00:00	12.57	35.01	-10.79
2021-07-28 03:00:00	19.76	54.32	-6.80	2021-08-07 03:00:00	14.82	56.18	-9.54	2021-08-17 03:00:00	11.74	38.82	-11.25
2021-07-28 04:00:00	16.29	53.18	-8.73	2021-08-07 04:00:00	13.77	60.14	-10.13	2021-08-17 04:00:00	9.05	43.41	-12.75
2021-07-28 05:00:00	15.98	55.91	-8.90	2021-08-07 05:00:00	12.51	62.45	-10.83	2021-08-17 05:00:00	7.55	43.19	-13.58
2021-07-28 06:00:00	13.40	57.35	-10.34	2021-08-07 06:00:00	11.61	62.02	-11.33	2021-08-17 06:00:00	7.69	43.78	-13.50
2021-07-28 07:00:00	35.49	40.87	1.94	2021-08-07 07:00:00	36.84	40.51	2.69	2021-08-17 07:00:00	36.89	26.47	2.72
2021-07-28 08:00:00	53.30	23.63	11.83	2021-08-07 08:00:00	51.68	24.51	10.93	2021-08-17 08:00:00	53.03	12.87	11.69
2021-07-28 09:00:00	57.07	21.19	13.93	2021-08-07 09:00:00	56.68	19.65	13.71	2021-08-17 09:00:00	56.90	10.91	13.83
2021-07-28 10:00:00	60.69	20.78	15.94	2021-08-07 10:00:00	63.09	16.77	17.27	2021-08-17 10:00:00	64.93	7.98	18.30
2021-07-28 11:00:00	60.35	19.95	15.75	2021-08-07 11:00:00	70.46	12.92	21.37	2021-08-17 11:00:00	71.23	6.89	21.80
2021-07-28 12:00:00	67.84	15.21	19.91	2021-08-07 12:00:00	70.63	11.18	21.46	2021-08-17 12:00:00	70.54	6.18	21.41
2021-07-28 13:00:00	63.73	17.02	17.63	2021-08-07 13:00:00	71.62	12.11	22.01	2021-08-17 13:00:00	71.23	4.76	21.80
2021-07-28 14:00:00	67.33	15.19	19.63	2021-08-07 14:00:00	67.71	12.38	19.84	2021-08-17 14:00:00	68.27	5.08	20.15
2021-07-28 15:00:00	65.23	14.43	18.46	2021-08-07 15:00:00	66.64	13.16	19.25	2021-08-17 15:00:00	65.15	4.13	18.41
2021-07-28 16:00:00	59.92	20.07	15.51	2021-08-07 16:00:00	60.73	15.82	15.96	2021-08-17 16:00:00	62.28	4.37	16.82
2021-07-28 17:00:00	55.13	22.44	12.85	2021-08-07 17:00:00	53.56	25.25	11.98	2021-08-17 17:00:00	57.20	5.64	14.00
2021-07-28 18:00:00	44.81	27.54	7.12	2021-08-07 18:00:00	47.15	27.61	8.42	2021-08-17 18:00:00	42.02	14.01	5.57
2021-07-28 19:00:00	38.94	33.86	3.85	2021-08-07 19:00:00	44.81	29.37	7.12	2021-08-17 19:00:00	41.04	18.43	5.02
2021-07-28 20:00:00	36.55	36.11	2.53	2021-08-07 20:00:00	36.70	36.40	2.61	2021-08-17 20:00:00	36.79	20.19	2.66
2021-07-28 21:00:00	34.42	45.56	1.34	2021-08-07 21:00:00	32.94	39.60	0.52	2021-08-17 21:00:00	31.99	27.22	0.00
2021-07-28 22:00:00	33.19	47.10	0.66	2021-08-07 22:00:00	32.39	44.41	0.22	2021-08-17 22:00:00	27.12	31.08	-2.71
2021-07-28 23:00:00	27.17	49.69	-2.68	2021-08-07 23:00:00	27.49	45.61	-2.51	2021-08-17 23:00:00	24.61	35.06	-4.11



Anexo B: Diseño de mezcla del concreto.

GEOPOL EIRL Laboratorio de Mecánica de Suelos, Concretos, Pavimentos y Control de Calidad		RUC: 20406282075	
DISEÑO DE MEZCLAS METODO ACI			
OBRA	INFLUENCIA DE COBERTORES NATURALES EN EL PROCESO DE FRAGUADO DEL CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA, EL COLLAO - PUNO		
SOLICITANTE	Bach. HUGO BUTRON CHOQUE	TEC. RESP.	RRPL
MUESTRA	DISEÑO DE MEZCLA DE CONCRETO	ING. RESP.	
UBICACION	SECTOR AMPARANI	FECHA	16/07/2021
CANTERA	RIO HUENQUE, SECTOR AMPARANI		

RESISTENCIA REQUERIDA: 175 Kg/cm²

PROCEDENCIA DE LOS AGREGADOS :	AGREGADO GRUESO :	AGREGADO GRUESO ZARANDEADO PARA CONCRETO
	AGREGADO FINO :	AGREGADO FINO ZARANDEADO PARA CONCRETO
CEMENTO :	RUMI TIPO IP	

PROPIEDADES FISICAS	PESO ESPECIFICO (Gr/cm ³)	MODULO DE FINESZA	HUMEDAD NATURAL (%)	ABSORCION (%)	PESO UNITARIO	
					SUELTO (Kg/m ³)	COMPACTADO (Kg/m ³)
CEMENTO TIPO IP	2.820	-	-	-	1500	-
AGREGADO FINO	2.572	2.943	2.09	2.01	1613	1701
AGREGADO GRUESO	2.473	-	1.25	1.58	1485	1612

a) RESISTENCIA PROMEDIO REQUERIDA	NO			
1.- SE CONOCE DESVIACION ESTANDAR				
2.- DESVIACION ESTANDAR (s)				
3.- RESISTENCIA REQUERIDA	245		Kg/cm ²	
b) VALORES DE DISEÑO				
1.- ASENTAMIENTO (SLUMP)	3" - 4"			
2.- TAMAÑO MAXIMO DE AGREGADOS	1"			
3.- AIRE INCORPORADO	NO			
4.- RELACION AGUA-CEMENTO (W/C)	0.58			
5.- AGUA DE MEZCLADO	193.0		ltrs	
6.- PORCENTAJE DE AIRE ATRAPADO	1.50		%	
7.- VOLUMEN DE AGREGADO	0.650			
c) ANALISIS DE DISEÑO				
CONTENIDO DE CEMENTO REQUERIDO	332.8		7.8	bls/m ³
d) VOLUMEN ABSOLUTO DE LOS MATERIALES POR M ³ DE CONCRETO				
VOLUMEN ABSOLUTO DEL CEMENTO	0.118		m ³	
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGUA	0.193		m ³	
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AIRE ATRAPADO	0.015		m ³	
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO GRUESO	0.390		57.91	%
VOLUMEN ABSOLUTO DEL AGREGADO FINO	0.284		42.09	%
VOLUMEN ABSOLUTO DE CONCRETO	1.000			
e) PESO DE MATERIALES POR M ³ DE CONCRETO				
CEMENTO	332.8		Kg	
AGUA DE MEZCLADO	193.0		Lt	
AGREGADO FINO (SECO)	729.4		Kg	
AGREGADO GRUESO (SECO)	965.3		Kg	
PESO TOTAL DE LA MEZCLA	2220.5		Kg	
f) PESO HUMEDO DE MATERIALES POR M ³ DE CONCRETO				
AGREGADO FINO (HUMEDO)	744.7		Kg	
AGREGADO GRUESO (HUMEDO)	977.4		Kg	
g) CONTRIBUCION DE AGUA DE LOS AGREGADOS				
AGREGADO FINO	0.08		Lt	
AGREGADO GRUESO	-0.32		-3.12	
AGUA EFECTIVA POR M ³ DE CONCRETO			195.6	
h) PESO FINAL DE MATERIALES POR M ³ DE CONCRETO				
CEMENTO	332.8		Kg	
AGUA EFECTIVA DE MEZCLADO	195.6		Lt	
AGREGADO FINO	744.7		Kg	
AGREGADO GRUESO	977.4		Kg	
i) PROPORCION DE MATERIALES EN PESO POR BOLSA				
CEMENTO	42.5	Kg	1.0	Bolsa
AGUA DE MEZCLADO	25.0	Lt	25.0	Litro
AGREGADO FINO	95.1	Kg	2.2	Bolsa
AGREGADO GRUESO	124.8	Kg	2.9	Bolsa
j) PROPORCION DE MATERIALES EN VOLUMEN POR PIE CUBICO				
CEMENTO	1.0	Pie ³		
AGUA DE MEZCLADO	25.0	Litro		
AGREGADO FINO	1.9	Pie ³		
AGREGADO GRUESO	2.7	Pie ³		

GEOPOL EIRL.
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETOS, PAVIMENTOS Y CONTROL DE CALIDAD

Cesar Augusto Barrios Flores

CIP 439702

email: geopoleir@hotmail.com

contactos: Claro 985007458

Entel 951746565

PUNO: AA. HH Simon Bolivar E-16

MOQUEGUA: Calle Tahuantinsuyo V-1 Samegua

ILO: Jose Olaya A-22 Pampa Inalambrica



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D-422; NTP 400.012; MTC E 207)

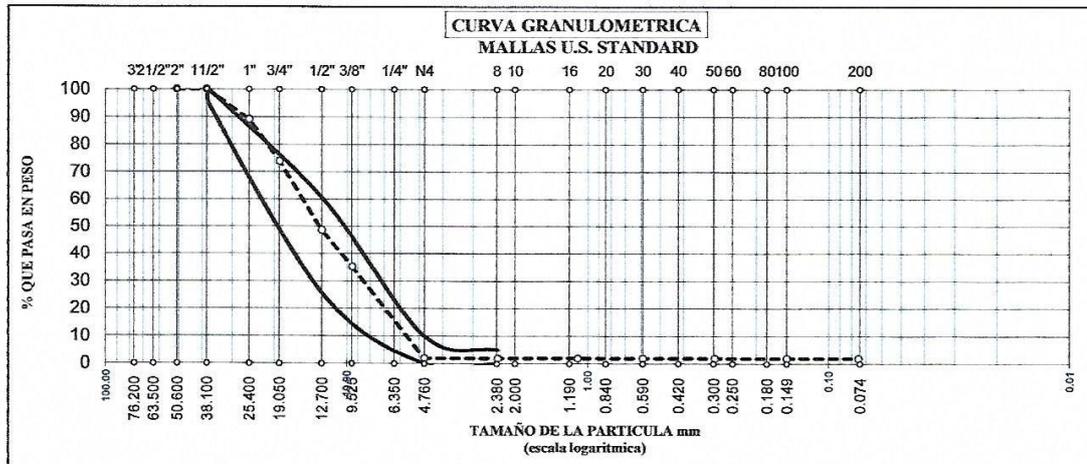
OBRA INFLUENCIA DE COBERTORES NATURALES EN EL PROCESO DE FRAGUADO DEL CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA, EL COLLAO - PUNO

SOLICITANTE Bach. HUGO BUTRON CHOQUE
UBICACIÓN SECTOR AMPARANI
MUESTRA AGREGADO GRUESO ZARANDEADO PARA CONCRETO
CANTERA RIO HUENQUE, SECTOR AMPARANI
CALICATA -
COORD. -
ACCESO -
LADO -

TEC. RESP. RRPL
ING. RESP. -
FECHA 16/07/21

Tamiz ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones
						HUSO-57
2"	50.800					
1 1/2"	38.100	0.0	0.0	0.0	100.0	100 - 100
1"	25.400	436.0	10.9	10.9	89.1	95 - 100
3/4"	19.000	608.0	15.2	26.1	73.9	-
1/2"	12.700	1012.0	25.3	51.5	48.5	25 - 60
3/8"	9.500	533.0	13.3	64.8	35.2	-
N° 4	4.760	1330.0	33.3	98.1	1.9	0 - 10
N° 8	2.360	0.0	0.0	98.1	1.9	0 - 5
N° 16	1.100					
N° 30	0.590					
N° 50	0.297					
N° 100	0.149					
N° 200	0.075					
Fondo						

Datos de la Muestra	
Peso Inicial (gr)	3995.0
Peso Fracc. (gr)	-
Características de la muestra	
Peso específico	-
Peso U. Suelto	-
Peso U. Varillado	-
Modulo de fineza	-
Humedad Natural	1.25
Absorción	-
Observaciones	
- Usos granulometricos recomendados de acuerdo al tamaño máxima nominal por el Reglamento Nacional de Construcciones y la Norma ASTM C 33.	



OBSERVACIONES:

GEOPOL EIRL.
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad
Cesar Augusto Barrios Flores
CIP 13027

PUNO: AA. HH Simon Bolivar E-16
MOQUEGUA: Calle Tahuantinsuyo V-1 Samegua
ILO: Jose Olaya A-22 Pampa Inalambrica

email: geopoleiri@hotmail.com
contactos: Claro 985007458
Entel 951746565



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

(ASTM D-422; NTP 400.012; MTC E 207)

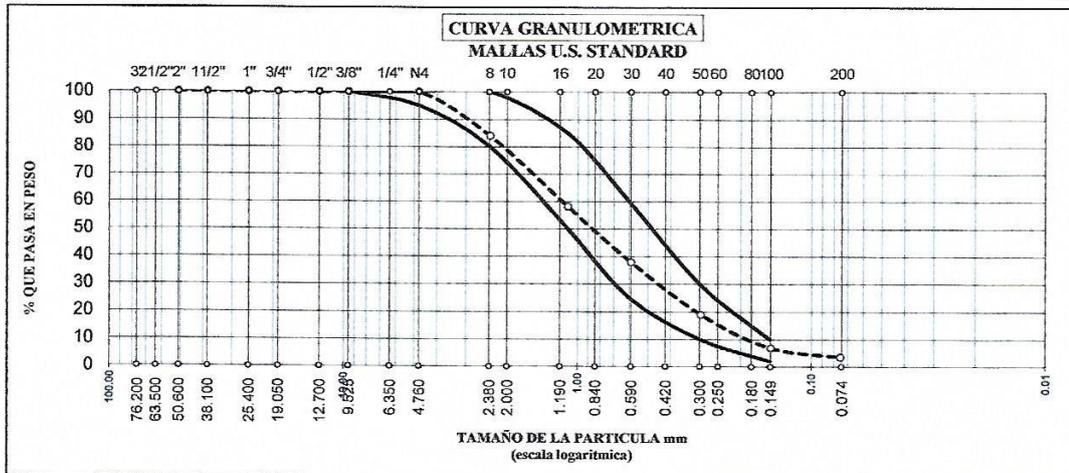
OBRA INFLUENCIA DE COBERTORES NATURALES EN EL PROCESO DE FRAGUADO DEL CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA, EL COLLAO - PUNO

SOLICITANTE Bach. HUGO BUTRON CHOQUE
UBICACIÓN SECTOR AMPARANI
MUESTRA AGREGADO FINO-ZARANDEADO PARA CONCRETO
CANTERA RIO HUENQUE, SECTOR AMPARANI
CALICATA -
COORD. -
ACCESO -
LADO -

FECHA 16/07/21

Tamiz ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.000					
1/2"	12.700					
3/8"	9.500					100.0
N° 4	4.760	0.0	0.0	0.0	100.0	95 - 100
N° 8	2.360	92.0	16.0	16.0	84.0	80 - 100
N° 16	1.100	149.0	25.9	41.9	58.1	50 - 85
N° 30	0.590	116.0	20.2	62.1	37.9	25 - 60
N° 50	0.297	109.0	19.0	81.0	19.0	10 - 30
N° 100	0.149	70.0	12.2	93.2	6.8	2 - 10
N° 200	0.075	19.0	3.3	96.5	3.5	
Fondo						
TOTAL						

Datos de la Muestra	
Peso Inicial (gr)	: 575.0
Características de la muestra	
Peso específico	:
Peso U. Suelto	:
Peso U. Varillado	:
Modulo de fineza	: 2.943
Humedad Natural	: 2.09
Absorción	:
CLASIFICACION	
SUCS	:
AASHTO	:



GEOPOL EIRL.
Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad
César Augusto Páramo Flores
CIP 139872

PUNO: AA. HH Simon Bolivar E-16
MOQUEGUA: Calle Tahuantinsuyo V-1 Samegua
ILO: Jose Olaya A-22 Pampa Inalambrica

email: geopoleir@hotmail.com
contactos: Claro 985007458
Entel 951746565



Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

RUC: 20406282075

GRAVEDAD ESPECIFICA Y ABSORCION DE AGREGADOS

OBRA INFLUENCIA DE COBERTORES NATURALES EN EL PROCESO DE FRAGUADO DEL CONCRETO EN
ÉPOCAS DE HELADAS EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA, EL COLLAO – PUNO

SOLICITANTE Bach. HUGO BUTRON CHOQUE

UBICACIÓN SECTOR AMPARANI

MUESTRA AGREGADO GRUESO Y FINO ZARANDEADO PARA CONCRETO

CANTERA RIO HUENQUE, SECTOR AMPARANI

CALICATA -

PROG (Km) -

ACCESO -

LADO -

TEC. RESP. RRPL

ING. RESP.

FECHA 16/07/21

AGREGADO GRUESO

(ASTM C-127; NTP 400.021; MTC E-206)

DESCRIPCION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	gr.	1091.00	1105.00	
Peso material saturado superficialmente seca (en agua)	gr.	650.00	658.00	
Volúmen de masa + Volúmen de vacíos	cc	441.00	447.00	
Peso material seco	gr.	1075.00	1087.00	
Volúmen de masa	cc	425.0	429.0	
Peso Especifico Bulk (base seca)	gr/cc	2.438	2.432	2.435
Peso Especifico Bulk (base saturada)	gr/cc	2.474	2.472	2.473
Peso Especifico aparente (base seca)	gr/cc	2.529	2.534	2.532
% Absorción	%	1.49	1.66	1.575

AGREGADO FINO

(ASTM C-128; NTP 400.022; MTC E-205)

DESCRIPCION		N° DE MUESTRA		
		1	2	3
Peso material saturado superficialmente seca (en el aire)	gr.	350.0	350.0	
Peso frasco + H2O	gr.	676.3	669.9	
Peso frasco + H2O + Material Saturado Sup. Seca	gr.	890.0	884.0	
Peso material + H2O en el frasco	gr.	1026.3	1019.9	
Volúmen de masa + volúmen de vacíos	cc	136.3	135.9	
Peso material seco	gr.	343.0	343.2	
Volúmen de masa	cc	129.3	129.1	
Peso Especifico Bulk (base seca)	gr/cc	2.517	2.525	2.521
Peso Especifico Bulk (base saturada)	gr/cc	2.568	2.575	2.572
Peso Especifico aparente (base seca)	gr/cc	2.653	2.658	2.656
% Absorción	%	2.040	1.980	2.010

OBSERVACIONES:

GEOPOL EIRL.
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS,
 CONCRETOS, PAVIMENTOS Y CONTROL DE CALIDAD
 Cesar Augusto Barrios Flores
 INGENIERO CIVIL
 CIP-139702

PUNO: AA. HH Simon Bolivar E-16
 MOQUEGUA: Calle Tahuantinsuyo V-1 Samegua
 ILO: Jose Olaya A-22 Pampa Inalambrica

email: geopoleir@hotmail.com
 contactos: Claro 985007458
 Entel 951746565



Laboratorio de Mecánica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

RUC: 20406282075

PESO UNITARIO Y VACIOS DE LOS AGREGADOS

(ASTM C-29; NTP 400.017; MTC E-203)

OBRA INFLUENCIA DE COBERTORES NATURALES EN EL PROCESO DE FRAGUADO DEL CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA, EL COLLAO -- PUNO

SOLICITANTE Bach. HUGO BÜTRON CHOQUE
UBICACIÓN SECTOR AMPARANI
MUESTRA AGREGADO GRUESO Y FINO ZARANDEADO PARA CONCRETO
CANTERA RIO HUENQUE, SECTOR AMPARANI
CALICATA -
PROG (Km) -
ACCESO -
LADO -

TEC. RESP. RRPL
ING. RESP.
FECHA 16/07/21

AGREGADO GRUESO

PESO UNITARIO SUELTO					
Número de Ensayo		1	2	3	
Peso de material + molde	Grs	3933	3937	3941	
Peso del molde	Grs	0	0	0	
Peso del material	Grs	3933	3937	3941	
Volumen del molde	cc	2651	2651	2651	
Peso unitario	Grs/cc	1.484	1.485	1.487	
Promedio	Grs/cc	1.485			
PESO UNITARIO VARILLADO					
Número de Ensayo		1	2	3	
Peso de material + molde	Grs	4277	4272	4275	
Peso del molde	Grs	0	0	0	
Peso del material	Grs	4277	4272	4275	
Volumen del molde	cc	2651	2651	2651	
Peso unitario	Grs/cc	1.613	1.611	1.613	
Promedio	Grs/cc	1.612			

AGREGADO FINO

PESO UNITARIO SUELTO					
Número de Ensayo		1	2	3	
Peso de material + molde	Grs	4273	4280	4277	
Peso del molde	Grs	0	0	0	
Peso del material	Grs	4273	4280	4277	
Volumen del molde	cc	2651	2651	2651	
Peso unitario	Grs/cc	1.612	1.614	1.613	
Promedio	Grs/cc	1.613			
PESO UNITARIO VARILLADO					
Número de Ensayo		1	2	3	
Peso de material + molde	Grs	4509	4513	4503	
Peso del molde	Grs	0	0	0	
Peso del material	Grs	4509	4513	4503	
Volumen del molde	cc	2651	2651	2651	
Peso unitario	Grs/cc	1.701	1.702	1.699	
Promedio	Grs/cc	1.701			

OBSERVACIONES:

GEOPOL EIRL.
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
CONCRETOS, PAVIMENTOS Y CONTROL DE CALIDAD
CASA SUGARCO Pampa Flores
INFORME REG. CUI
CIP 199702

PUNO: AA. HH Simon Bolivar E-16
MOQUEGUA: Calle Tahuantinsuyo V-1 Samegua
ILO: Jose Olaya A-22 Pampa Inalambrica

email: geopoleir@hotmail.com
contactos: Claro 985007458
Entel 951746565

Anexo C: Resultados de la resistencia a la compresión del concreto.

CODIGO	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA (Cm2)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	f'c (Kg/cm2)	% DE RESIST.	RESIST. PROM. (%)
		MOLDEO	ROTURA							
M-01	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-01), SIN PROTECCION	19-07-21	31-07-21	12	11380	176.0	64.7	175	36.9	-
M-02	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-02), CON PROTECCION DE ICHU	19-07-21	31-07-21	12	16580	176.7	93.8	175	53.6	-
M-03	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-03), CON PROTECCION DE TOTORA	19-07-21	31-07-21	12	15580	177.2	87.9	175	50.2	-
M-04	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-04), CON PROTECCION DE RAMAS DE KOLLY	19-07-21	31-07-21	12	14580	177.8	82.0	175	46.9	-
M-05	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-05), CON PROTECCION DE SUELO	19-07-21	31-07-21	12	16090	176.9	91.0	175	52.0	-
M-06	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-06), CON PROTECCION DE ESTIERCOL	19-07-21	31-07-21	12	11260	177.3	63.5	175	36.3	-
-		-	-	-	-	-	-	-	-	-

LAS PROBETAS FUERON MUESTREADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

RUC: 20406282075

ENSAYO A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS

NTP 339.034; ASTM C 39; MTC E 704

OBRA : INFLUENCIA DE COBERTORES NATURALES EN EL PROCESO DE FRAGUADO DEL CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA, EL COLLAO – PUNO

SOLICITANTE : Bach. HUGO BUTRON CHOQUE

ESTRUCTURA : MUESTRAS DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA CON DIFERENTES METODOS DE PROTECCION DURANTE EL PROCESO DE FRAGUADO

UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ

TECN. RESP.: RRPL
FECHA : JULIO DE 2021

PUNO: AA. HH Simon Bolivar E-16
MOQUEGUA: Calle Tahuantinsuyo V-1 Samegua
ILO: Jose Olaya A-22 Pampa Inalambrica

email: geopoleir@hotmail.com
contactos: Claro 985007458
Entel 951746565



ENSAYO A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS

NTP 339.034; ASTM C 39; MTC E 704

OBRA : INFLUENCIA DE COBERTORES NATURALES EN EL PROCESO DE FRAGUADO DEL CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA, EL COLLAO – PUNO

SOLICITANTE : Bach. HUGO BUTRON CHOQUE

ESTRUCTURA : MUESTRAS DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA CON DIFERENTES METODOS DE PROTECCION DURANTE EL PROCESO DE FRAGUADO

UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ

TECN. RESP.: RRPL
FECHA : AGOSTO DE 2021

CODIGO	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA (Cm2)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	f'c (Kg/cm2)	% DE RESIST.	RESIST. PROM. (%)
		MOLDEO	ROTURA							
M-07	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-07), SIN PROTECCION	19-07-21	03-08-21	15	16380	177.8	92.1	175	52.6	-
M-08	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-08), CON PROTECCION DE ICHU	19-07-21	03-08-21	15	17560	176.9	99.3	175	56.7	-
M-09	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-09), CON PROTECCION DE TOTORA	19-07-21	03-08-21	15	20140	177.3	113.6	175	64.9	-
M-10	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-10), CON PROTECCION DE RAMAS DE KOLLY	19-07-21	03-08-21	15	19860	177.4	112.0	175	64.0	-
M-11	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-11), CON PROTECCION DE SUELO	19-07-21	03-08-21	15	22410	178.2	125.8	175	71.9	-
M-12	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f'c=175 Kg/cm2 (M-12), CON PROTECCION DE ESTIERCOL	19-07-21	03-08-21	15	21440	177.0	121.1	175	69.2	-
-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

LAS PROBETAS FUERON MUESTREADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

AGEPOL EIRL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS,
CONCRETOS, PAVIMENTOS Y CONTROL DE CALIDAD
CALLE TAUANTINSUYO V-1 SAMEGUA
PUNO - PERU
GESSER AUGUSTO RAMOS FLORES
CINCO ESTADOS CIVIL



RUC: 20406282075

AGEOPOL EIRL
Laboratorio de Mecanica de Suelos,
Concretos, Pavimentos y Control de Calidad

ENSAYO A LA COMPRESION DE PROBETAS CILINDRICAS

NTP 339.034; ASTM C 39; MTC E 704

OBRA : INFLUENCIA DE COBERTORES NATURALES EN EL PROCESO DE FRAGUADO DEL CONCRETO EN ÉPOCAS DE HELADAS EN EL DISTRITO DE SANTA ROSA, EL COLLAO – PUNO

SOLICITANTE : Bach. HUGO BUTRON CHOQUE

ESTRUCTURA : MUESTRAS DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA CON DIFERENTES METODOS DE PROTECCION DURANTE EL PROCESO DE FRAGUADO

UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA ROSA - MAZOCRUZ

TECN. RESP : RRPL
FECHÁ : AGOSTO DE 2021

CODIGO	ELEMENTO ESTRUCTURAL	FECHA		EDAD DIAS	CARGA (Kg)	AREA (Cm2)	RESISTENCIA (Kg/cm2)	f _c (Kg/cm2)	% DE RESIST.	RESIST. PROM. (%)
		MOLDEO	ROTURA							
M-13	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f _c =175 Kg/cm2 (M-13), SIN PROTECCION	19-07-21	17-08-21	29	19220	177.3	108.4	175	61.9	-
M-14	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f _c =175 Kg/cm2 (M-14), CON PROTECCION DE ICHU	19-07-21	17-08-21	29	29580	178.6	165.6	175	94.6	-
M-15	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f _c =175 Kg/cm2 (M-15), CON PROTECCION DE TOTORA	19-07-21	17-08-21	29	33550	178.2	188.3	175	107.6	-
M-16	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f _c =175 Kg/cm2 (M-16), CON PROTECCION DE RAMAS DE KOLLY	19-07-21	17-08-21	29	38810	178.0	218.0	175	124.6	-
M-17	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f _c =175 Kg/cm2 (M-17), CON PROTECCION DE SUELO	19-07-21	17-08-21	29	28510	177.9	160.3	175	91.6	-
M-18	MUESTRA DE CONCRETO PARA CERTIFICACION DE RESISTENCIA DE DISEÑO f _c =175 Kg/cm2 (M-18), CON PROTECCION DE ESTIERCOL	19-07-21	17-08-21	29	35070	177.5	197.6	175	112.9	-
-		-	-	-	-	-	-	-	-	-

LAS PROBETAS FUERON MUESTREADAS Y PUESTAS EN LABORATORIO POR EL SOLICITANTE

PUNO: AA. HH Simon Bolivar E-16
MOQUEGUA: Calle Tahuantinsuyo V-1 Samegua
ILO: Jose Olaya A-22 Pampa Inalambrica

email: geopoleir@hotmail.com
contactos: Claro 985007458
Entel 951746565



Anexo D: Resultados de prueba de resistencia superficial del concreto con esclerómetro.

CONTROL DE LABORATORIO										
PRUEBAS DE REBOTE CON SCLEROMETRO										
UNIVERSIDAD		: UNIVERSIDAD NACIONAL DEL ALTIPLANO - PUNO								
Tesis		: UTILIZACION DE COBERTURAS, CON PRODUCTOS NATURALES PARA EL DESARROLLO DEL CONCRETO EN TIEMPOS DE HELADA EN EL DIST. SANTA ROSA								
Lugar		: DISTRITO DE SANTA ROSA DE MAZOCRUZ								FECHA: : 17/08/2021
Aparato		: Sclerometro SCHIMDT, Model "Roche"								Operador: Hugo Butron Choque (Tesis)
Orientación del Martillo		: TIPO "B"								
Fecha de Ensayo		: 17/08/2021								
PROBETA Nº DESCRIPCION			NIVEL	CARA	LECTURA DEL REBOTE	f'c MARCADA EN PSI	f'c CALCULADA (f'c=kg/cm ²)	f'c PROMEDIO (f'c=kg/cm ²)	% PROMEDIO	
Nº de Rebotes	TIPO DE PROTECCION	ELEMENTO								
1	Protegido con arbusto	Losa 01	1er	Sup	30	3750	261.56	217	1.03	
2		Losa 01	1er	Sup	28	3250	226.69			
3		Losa 01	1er	Sup	27	3000	209.25			
4		Losa 01	1er	Sup	26	2750	191.81			
5		Losa 01	1er	Sup	30	3750	261.56			
6		Losa 01	1er	Sup	27	3000	209.25			
7		Losa 01	1er	Sup	26	2750	191.81			
8		Losa 01	1er	Sup	27	3000	209.25			
9		Losa 01	1er	Sup	26	2750	191.81			
Nº de Rebotes		ELEMENTO								
1	Protegido con con plástico y estiércol	Losa 02	1er	Sup	26	2750	191.81	213	1.01	
2		Losa 02	1er	Sup	28	3250	226.69			
3		Losa 02	1er	Sup	29	3500	244.13			
4		Losa 02	1er	Sup	26	2750	191.81			
5		Losa 02	1er	Sup	28	3250	226.69			
6		Losa 02	1er	Sup	27	3000	209.25			
7		Losa 02	1er	Sup	26	2750	191.81			
8		Losa 02	1er	Sup	27	3000	209.25			
9		Losa 02	1er	Sup	28	3250	226.69			
Nº de Rebotes		ELEMENTO								
1	Protegido con totora	Losa 03	1er	Sup	26	2750	191.81	200	0.95	
2		Losa 03	1er	Sup	28	3250	226.69			
3		Losa 03	1er	Sup	27	3000	209.25			
4		Losa 03	1er	Sup	26	2750	191.81			
5		Losa 03	1er	Sup	28	3250	226.69			
6		Losa 03	1er	Sup	27	3000	209.25			
7		Losa 03	1er	Sup	26	2750	191.81			
8		Losa 03	1er	Sup	25	2000	139.50			
9		Losa 03	1er	Sup	27	3000	209.25			
Nº de Rebotes		ELEMENTO								
1	Protegido con Chilligua	Losa 04	1er	Sup	25	2000	139.50	194	0.92	
2		Losa 04	1er	Sup	28	3250	226.69			
3		Losa 04	1er	Sup	27	3000	209.25			
4		Losa 04	1er	Sup	26	2750	191.81			
5		Losa 04	1er	Sup	28	3250	226.69			
6		Losa 04	1er	Sup	27	3000	209.25			
7		Losa 04	1er	Sup	26	2750	191.81			
8		Losa 04	1er	Sup	25	2000	139.50			
9		Losa 04	1er	Sup	27	3000	209.25			
Nº de Rebotes		ELEMENTO								
1	Protegido con tierra seca + plástico	Losa 05	1er	Sup	22	1500	104.63	168	0.80	
2		Losa 05	1er	Sup	25	2000	139.50			
3		Losa 05	1er	Sup	26	2750	191.81			
4		Losa 05	1er	Sup	24	1875	130.78			
5		Losa 05	1er	Sup	26	2750	191.81			
6		Losa 05	1er	Sup	27	3000	209.25			
7		Losa 05	1er	Sup	25	2000	139.50			
8		Losa 05	1er	Sup	27	3000	209.25			
9		Losa 05	1er	Sup	26	2750	191.81			
Nº de Rebotes		ELEMENTO								
1	Sin protección	Losa 05	1er	Sup	26	1400	98.68	117	0.56	
2		Losa 05	1er	Sup	28	1800	109.50			
3		Losa 05	1er	Sup	29	1750	101.82			
4		Losa 05	1er	Sup	26	1775	107.74			
5		Losa 05	1er	Sup	28	1950	118.82			
6		Losa 05	1er	Sup	27	2000	139.50			
7		Losa 05	1er	Sup	26	2000	139.50			
8		Losa 05	1er	Sup	27	1500	104.63			
9		Losa 05	1er	Sup	28	1875	130.78			

Anexo E: Panel fotográfico del proceso de investigación.



Fotografía: Curado con agua durante el desarrollo del concreto 175 kg/cm²



Fotografía: Proceso de protección de protección con cobertores naturales del concreto



Fotografía: Muestra de los testigos (briquetas) concreto 175 kg/cm²



Fotografía: Ensayo de la resistencia a la compresión simple del concreto 175 kg/cm²



Fotografía: Preparado de losas para el ensayo de la resistencia superficial del concreto



Fotografía: Ensayo de la resistencia superficial del concreto 175 kg/cm^2 en losas